

西藏地区可再生能源的典型应用及其发展趋势

文/国网西藏电力有限公司 米玛次仁 牛小春 姚亮
国网西藏综合能源服务有限公司 拉巴顿珠

以西藏地区可再生能源的概述展开，介绍了西藏地区丰富的水能资源与太阳能资源，并重点介绍了当前西藏地区可再生能源的四个典型应用，从加快电能替代进程与维持丰枯期电力平衡两方面叙述了西藏地区的可再生能源发展趋势，为促进西藏地区可再生能源的发展提供参考。

全球经济的飞速发展以及工业化进程的加剧导致传统能源储量面临日益枯竭的局面，对传统能源的快速消耗也使得全球生态环境不堪重负，大力发展清洁可再生能源迫在眉睫。西藏位于我国青藏高原西南部，特殊的地理位置与气候条件使西藏地区拥有水能、太阳能、地热能和风能等丰富的清洁能源资源，使得西藏地区的可再生能源开发利用具备巨大优势。与此同时，大力开发利用西藏清洁能源，对落实国家能源发展战略、服务西藏经济社会发展与长治久安意义重大。

西藏地区可再生能源概述

西藏地区可再生能源资源丰富，水能和太阳能储量均位居全国之首，是国家“西电东送”项目重要的能源基地。近年来，在国家总体战略布局下，西藏地区水电等清洁能源开发稳步推进。截至2016年底，西藏清洁能源装机容量占比高达83%，是名副其实的清洁能源利用大省。

1. 西藏地区水能资源

一般来说，河流的水能资源主要取决于河流径流大小和落差。西藏地区位于祖国西南边疆，平均海拔在4 000 m以上，其水能主要分布在雅鲁藏布江、怒江、澜沧江、金沙江及其支流上，因其河流径流充沛、落差巨大，是我国水能资源最丰富的地区之一。除水能资源最为丰富的雅

鲁藏布江外，目前西藏境内水电可开发规模为金沙江900万kW、澜沧江800万kW、怒江1500万kW。目前各大流域已建设有华能藏木水电站、藏木水电站、加查水电站、登曲中下游华能觉巴水电站、林芝波堆水电站和大唐西藏玉曲河流域梯级电站等，成为西藏水能资源储备的重要组成部分。

西藏地区的水能资源具有明显的丰枯季，其丰水期为每年的6~10月。据统计，2018年，西藏电网丰水期水能发电量为36.73亿kW·h，占同时段总发电量的53.28%。枯水期水能发电量为32.21亿kW·h，占同时段总发电量的46.72%。由此可见，西藏电力具有丰盈枯缺的特点，枯水期电力紧缺，需通过跨区跨省购电；丰水期电力富余，除满足内需外，可实现跨区跨省外送。

2. 西藏地区太阳能资源

由于西藏地区具备海拔高、空气干燥、大气洁净及地广人稀的地理优势，其太阳能资源全年都较为充足，超过同纬度平原地区一倍左右，是我国太阳年辐射总量最高的地区，也是全世界太阳能资源最为丰富的地区之一。据统计，西藏地区的太阳辐射总量仅次于撒哈拉大沙漠，位居世界第二，其所处的高原地区也是我国日照时数的高值地区，大部分地区的年日照时间超过3 000 h，且全年太阳直接辐射的比例占到总辐

射的56%~78%，具备开发太阳能资源的得天独厚的环境。目前，西藏地区的太阳能资源理论总储量高达 $23.606 \times 108 \text{ GW} \cdot \text{h/a}$ ，占全国总储量的16.08%。全年光伏发电量8.38亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，占总发电量68.94亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 的比例为12.16%。

西藏可再生能源的典型应用

1. 拉萨充电桩项目

可再生能源的发展带动了西藏地区各方面的能源转型，《西藏综合交通运输“十三五”发展规划（2016—2020年）》提出持续推进西藏绿色交通建设，坚持优先发展城市公共交通，推动清洁能源、新能源环保产品的使用。截至2017年，拉萨市共有新能源出租车192辆，包含5辆纯电动公交车及147辆气电混合动力公交车。至2019年，共有24辆纯电动公交车投入运营。据统计，电动汽车在高原地区每运行100 km的耗电量为27 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，能源消耗仅为传统车的25%左右，减排 CO_2 可达26.8 kg。

伴随新能源汽车数量的快速增长，国网拉萨供电公司在公司内部率先建设交流充电桩试点项目，在拉萨火电厂拉火基地投资直流充电桩项目，并计划投资建设拉萨公交集团直流充电桩项目，满足公交公司纯电动车的充电需求。目前，国网拉萨供电公司在拉萨市区已建设和拟建5个充电桩项目，共建设25个充电桩，包括公司内部7 kW交流充电桩试点项目、拉萨火电厂国网拉火基地120 kW直流充电桩项目以及拉萨公交集团120 kW直流充电桩项目。目前，充电桩即将处于调试运行阶段，项目主要服务于西藏电网公务用车。拉萨公交集团项目计划安装箱式变压器，并建设8个120 kW直流充电桩。项目建成后，将极大缓解目前纯电动公交车以及新能源汽车充电难的问题，为西藏地区的新能源公共交通的发展保驾护航。

2. 高争水泥厂皮带廊项目

高争水泥厂位于拉萨市堆龙德庆区，于2004年投产第一条生产线，此后第二和第三条生产线分别于2008年和2013年投产运营，目前可年产500万t产品。石灰石是水泥的主要原料，“皮带廊”主要应用于石灰石原料的运输。依靠独特的地理优势，高争水泥厂将厂区建于石灰石矿山附近，建厂时就选择“皮带廊”作为原料的运输方式，建设长度不到1 km，既大大节约运输成



图1 拉萨高争水泥厂皮带廊项目

本，又减少了扬尘等环境污染。如图1所示。

目前，石灰石原料运输“皮带廊”的每日运送量可达7 000 t。厂区年用电量可达3.5亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，内建有110 kV变电站，专供水泥厂的生产运营。此外，水泥厂自建有9 MW和8 MW余热余热发电设备，于2013年投产，目前每年可发电量为1亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

3. 鲁朗全电景区项目

“鲁朗国际旅游小镇”位于西藏自治区林芝鲁朗镇，是由广东省援建的重点旅游开发项目。2016年5月，“鲁朗国际旅游小镇”试运行以来，已完成建设高端定位酒店群、家庭旅馆总计121家，同时具备配套设施自来水厂、污水处理厂和垃圾回收站。2018年，“鲁朗国际旅游小镇”游客人数超100万人次，旅游业发展态势一片向好的同时也对鲁朗镇电力设施提出了更高要求。

因此，国网西藏电力有限公司以及国网林芝供电公司为保障“鲁朗国际旅游小镇”的电力用量，建设了110 kV鲁朗变电站，新增4万 $\text{kV} \cdot \text{A}$ 容量，并将鲁朗小镇的区域电网交由林芝供电公司管理。自2016年建成以来，鲁朗小镇用电量飞速上升，2016年用电量为323.014万 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，2017年为923.69万 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，2018年则达到了1 233.32万 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，其中，旅游旺季用电量约占70%。目前，鲁朗小镇高端定位酒店群已通过中央空调系统及分体空调系统实现电采暖及电供冷，但大部分家庭旅馆仍使用薪柴取暖，房间内大多使用小太阳取暖器、电热毯等取暖方式；酒店餐饮仍使用天然气进行烹饪，尚未改为电炊具；小镇内另配有电动公交车，由旅游公司统一管理，并自建有3个左右充电桩。

4. 安多县电采暖项目

安多县处于高海拔地区，供暖季长可达8

个月之久，每年的1~5月及10~12月均为供暖季。县冬季平均温度为 -5.9°C 左右，冬季室内外温差巨大，室外极端最低温度可达 -32°C ，供暖期室内温度则要求不低于 16°C 。供暖项目建设前，安多县通过一台烧煤立式锅炉以集中供暖的形式供给多个县政府部门及商业用房，供暖面积在 $19\,000\text{ m}^2$ 左右，供暖过程采用直接燃煤的供暖方式而未经过脱硫、脱酸处理。许多其他未集中供暖单位，大多采用小型锅炉采暖。因安多县处于高寒高海拔地区，自建小型锅炉回水温度低、供暖效果较差，牧民及职工生活取暖主要依靠牛粪、煤炭的燃烧锅炉和分户式空调系统。

针对原先供暖存在的环境污染严重、供暖效果不佳以及覆盖面不全等问题，安多县县城供暖工程于2016年正式开工，总投资1.68亿元（中央预算内投资），包括所有热源、换热站及管网。该项目按照西藏自治区清洁能源供暖的要求，正在实施“去煤化”改造，热源改造方案于2017年10月进行了论证，将采用电锅炉集中供暖方式，设计建设4台 10 MW 直热式电锅炉。一期工程于2018年12月竣工，由一台 10 MW 电锅炉进行供热，供暖面积包括安多县政府片区、县人民医院、县中小学及各事业单位等。目前，安多县建设有一所 110 kV 变电站，两台 1万kW 三抽头变压器作为主变压器，以保障当前安多县采暖季的电力需求。该项目已经完成所有基础建设投资，预期于2019年8月进行调试运行，规划供暖面积可达 25.59万m^2 ，项目总热负荷为 35.45 MW ，远期或新增 20万m^2 供暖面积。安多县县城供暖项目热负荷情况如表1所示。

表1 安多县县城供暖项目热负荷情况表

建筑属性	建筑面积/ 万m^2	热负荷/ MW
住宅	13.69	20.00
办公楼	6.48	8.70
商铺	2.75	3.60
学校	2.48	2.83
医院	0.08	0.18
商住综合	0.11	0.14
合计	25.59	35.45

可再生能源在西藏地区的发展趋势

近年来，西藏地区积极响应能源改革号召，不断推动可再生能源产业发展，综合能源体系建设进入“快车道”，当前，以水电、光伏为主的清洁能源产业已初具规模。但作为典型的高寒高

海拔地区，其相对脆弱的生态环境使得节能减排及电能替代工作刻不容缓。随着清洁能源发电比重的提高，加快实施电能替代以及推动可再生能源的发展对于西藏实现控制能源总量、优化能源结构、提高能源效率。与服务生态文明建设意义重大。

1. 加快西藏地区电能替代进程

(1) 推进以电代煤/代薪

以电代煤/代薪就是把工业锅炉、居民取暖厨炊等用煤或薪柴改为用电方式，能够直接减少因燃烧而产生的污染物排放。实施以电代煤/代薪能够充分发挥西藏可再生能源优势，推广蓄热式电采暖、地源热泵、电热水器和电炊具等清洁用能方式，显著改善空气质量。

(2) 推进以电代油

以电代油即发展电动汽车，减少传统汽车对石油的依赖。按照2020年我国机动车预计突破2亿辆、2030年突破4亿辆估算，届时仅机动车每年将消耗石油约8亿t，是2012年我国石油产量的4倍、进口量的2.8倍。西藏道路交通正处于飞速发展时期，机动车保有量增速明显，但电动汽车仍占比较低，配套设备建设如充电桩建设也仍需完善。理论上来说，以电代油技术可完全替代交通运输领域的石油消耗，助推绿色能源发展。

2. 维持西藏地区丰枯期电力平衡

西藏地区作为国家“西电东送”重要的能源基地，其丰期富余可再生能源主要以外送消纳为主，枯期则需外部电力补足。据统计，2016—2018年期间，西藏地区每年通过中长期交易方式实现的藏电外送规模稳定在 $8.5\sim 9.5\text{亿kW}\cdot\text{h}$ 之间。当前，藏电外送的主要对象是甘肃及陕西地区，占外送比例的75%，其他还有重庆、河南、湖北、四川及华北地区。直至2019年，藏电外送规模已覆盖华北、华东、华中、西北和西南等五大地区。除富余清洁能源外送外，由于西藏电力资源具有明显丰枯期，西藏地区已实践电力互济模式，与青海、陕西和四川等多地签订电力互济协议，满足丰期外送、枯期补足的需求。由此可见，建立合理的能源互济机制对于维持西藏地区全年电力平衡、实现电力资源利用最大化至关重要，具体可以从以下几方面开展工作。

(1) 探究新型富余可再生能源消纳模式

一方面，西藏地区要加快建设好电网电力外

(下转第35页)

优秀业绩争取人员配置，筑牢持续发展基础。

4. 建设智慧能源控制系统

积极搭建智慧能源综合服务云平台，汇集区域内重点工业的多元数据，提供能源数据分析优化的基础平台，引导地区新能源发展，对区域内用户风电、光伏、储能和冷热电三联供等能源形式进行监测，实现多能源系统之间的协调控制，提高能源的利用效率，降低企业的用能成本，在数据全景展示和应用服务的基础上，面向能源需求侧，为产业生态各方参与主体提供互动服务、用户节能与定制服务以及能源优化管理服务，探索面向能源互联网的多方参与、利益共赢的运营模式。

5. 完善标准体系，建立企业联盟

由于我国目前的工业企业的电能替代统一标准尚未健全，不同工业企业的电能替代方式有所差异，河北在推行工业企业电能改革的同时，应该进一步接轨国际标准，按照国家要求制定适合不同企业的标准。与此同时，政府可以搭建工业企业联盟的桥梁，鼓励不同工业企业可以定期开展节能技术、电能替代技术、企业管理模式和经验的交流。通过知识共享、信息互通和技术互鉴等方式共同推进电能替代。

6. 建立“5G物联网+”模式，推动电能替代智能化

建立基于“5G物联网+”的能源物联网模式，利用物联网平台创建大数据，实现多企业、多种能源的转换、分配与有机协调，也可以实现能量产生、转换、分配与传递的过程手段和形式的多样化，构建多元信息交互的综合能源服务平台，深度挖掘源网荷实时数据信息，实现能源互联网的实时感知和信息反馈，在保证区域内电力系统稳定、安全和可靠的前提下，制定分布式能源系统多能互补、优化调度策略，实现整个系统能源利用效率的最大化以及经济效益的最大化。

结束语

河北省作为重工业发达和能源消费大省，能源消费模式的结构性转型迫在眉睫。重点工业企业节能改造和电能替代有助于实现我国重点工业企业的能源消费结构化升级。本文通过对河北省的能源结构的现状和存在的问题进行分析，提出以政策引导、技术引进、企业联盟、“节能+电能”模式、“5G物联网+”和标准制定等方式能够助力河北省电能替代的战略转型，对推动我国电能替代的发展也具有重要的现实意义。EA

(上接第24页)

送通道，为富余可再生能源的外送交易提供基础设施平台，使得藏区丰期富余电力能够合理消纳；另一方面要与符合准入条件的新能源发电企业、电网企业、售电公司和电力用户等市场主体开展稳定的新能源中长期交易，现阶段将优先发电电量视为厂网双边协商交易电量，签订厂网间购售电合同，纳入省间电力中长期交易范畴。

(2) 推进可再生能源互济机制

一方面，加强与青海省、四川省和甘肃省等周边省份的能源互济合作机制，立足多通道、多落点、多交易周期和多交易品种的能源互济，最大化程度消纳丰期多余电力，补足枯期短缺电力；另一方面，探究“政府+电网+用电侧”的新型能源互济模式，建立可再生能源电力交易平

台，通过市场优势降低丰期电力输配价格，充分发挥能源优势互补、劣势互助的机制特色，共同参与维护西北地区的电力平衡。

结束语

在当前经济飞速发展、能源结构亟需转型的背景下，大力推进可再生能源的开发利用必将成为今后能源领域的主流导向。本文以西藏地区可再生能源的概述展开，介绍了西藏地区丰富的水能资源与太阳能资源，并详细介绍了当前西藏地区可再生能源的四个典型应用，从加快电能替代进程与维持丰枯期电力平衡两方面叙述了今后西藏地区的可再生能源发展趋势，为推进西藏地区的可再生能源发展进程提供理论参考。EA