



图为措美哲古风电场风力发电机组。 三峡集团供图

措美哲古风电场项目团队利用智慧风场的数字化和智能化技术,实时监控现场天气情况和机组运行情况,做到提前预警潜在故障,提前准备备用器部件,最终在无人值守或少人值班的前提下,降低了故障率、提升了发电量和经济效益。

## 优化气动外形 增加叶轮直径 采用高科技涂料 让“大风车”在世界屋脊上立住站稳

◎本报记者 何亮

向云端,山那边,水里面……盛夏时节,坐落在我国西南边陲的一个偏远县城——西藏自治区山南市措美县一片祥和。这里天空蔚蓝、雪山连绵、江水奔腾,圣洁的雪域高原吹拂的浩荡长风经年不息。

8月3日,海拔5000多米的措美哲古风电场迎来了它的“高光时刻”:5台单机容量3.6兆瓦的风力发电机组威武矗立,喜马拉雅北麓的山风呼啸而至,带动叶片徐徐旋转化为电流,转瞬并入电网,点亮万家灯火。

“这是西藏自治区首个超高海拔风电开发技术研究和科技示范项目,也是首个并入西藏主电网的风电项目。”三峡集团措美哲古风电场项目负责人王亮告诉科技日报记者,此次投产的3.6兆瓦风电机组是目前我国超高海拔地区已投产容量最大的风电机组,待风电场项目全部投产后,年发电量将超过2亿千瓦时,可以满足周边近14万个家庭一年的用电量。

### 青藏高原的优质风能不可辜负

措美哲古风电场的风机建设在海拔5000米至5200米之间,总装机72.6兆瓦。为何要坚持在世界屋脊建设风电场?王亮的回答言简意赅:这里的风能资源不可辜负!

打开中国地形图,辽阔的青藏高原引人瞩目。这里的山脉多呈东西走向,地势由西向东降低,地面海拔高程伴随纬度的升高发生急剧变化,更加助长了西风的强度和频次。

气象数据显示,青藏高原有着丰富的风能资源,西藏自治区风能蕴藏量约为1.9亿千瓦,居全国第八位。风能资源在每秒7米以上的区域约占青藏高原总面积的30%,主要分布于海拔4800米以上的高山地区,技术可开发量约1.8亿千瓦。

“目前,西藏自治区的电源结构以水电和光伏为主,水力发电量占总发电量的89.81%,太阳能发电量占7.73%。”王亮表示,西藏的电能还有着“夏盈冬缺、昼盈夜缺”的特点。

由于西藏自治区基础电源都是水电和光伏,因此在冬季来水偏少的情况下,会有一定程度的缺电。同样,光

## 山西做好能源行业转型大文章

◎本报记者 韩荣

“近年来,山西在保障国家能源安全,促进社会经济健康平稳运行方面作出了突出贡献。”8月14日,在山西省举办的“推动能源产业绿色转型”专场发布会上,山西省能源局副局长、新闻发言人侯秉让表示,近年来,山西省在完成国家重大保供任务的同时,持续推进传统能源行业安全高效转型。

### 驶上传统能源转型快车道

雁门塞外,一座座大型风力发电机矗立在山坡上;黄河岸边,一排排光伏板点缀屋顶荒坡……在山西,传统能源行业已驶上高效转型的“快车道”。

据了解,山西省传统能源涉及两大行业:一是煤炭,二是电力。在煤炭方面,近年来山西省重点推进煤炭绿色开发利用,在提升增产保供能力、推进煤矿数字化转型和完善煤炭产销储运体系上持续发力。

在吕梁东义集团煤气化有限公司鑫岩煤矿,“5G+智慧开采”技术实现了煤矿井上井下“一张网”管理,传统人工采煤方式正向无人化、智能化采煤方式转型;在孝义市东义集团,“5G+智能巡检”技术降低了

人力资源成本,使工人们告别了“脏累苦险”,机器巡检员更是化身“贴身小助手”,对带式输送机进行全天候全程巡检,真正实现了“有人巡视、无人操作”……侯秉让介绍,近年来山西省制定全省煤矿智能化建设标准规范,建设煤炭工业互联网平台,分类推进煤矿智能化改造。2023年新增80座智能化矿井,2025年大型和灾害严重煤矿基本实现智能化,2027年全省各类煤矿基本实现智能化。

与此同时,山西在完善煤炭产销储运体系上同步发力,科学规划了煤炭储备项目,鼓励省属煤炭集团在中转地港口、消费地建设储煤场;完善第三方煤炭交易电子商务平台,推进全省煤炭统一上线交易;完善产销储运信息平台,建立供需预警机制。

在电力方面,山西省重点优化煤电装机结构,提升电力外送能力。推动煤电项目“上大压小”,推进煤炭和煤电一体化融合发展。

“预计2023年,山西省电力装机容量可达到1.28亿千瓦,2025年全省电力装机容量将达到1.66亿千瓦,2027年全省电力装机容量将达到1.88亿千瓦。”侯秉让说。

此外,山西省还持续推进外送电通道建设,推进电力市场化改革。加快实施大同—怀来—天津南1000千伏特高压交流

光伏电站也是白天日照充足的时候发电量大。而措美哲古风电场发电量最大的时候往往是在冬季,夜间用电的高峰期也恰是风机发电最多的时候。”所以,措美哲古风电场的建设,可为改善西藏电源结构起到积极作用。”王亮说。

### 建设高海拔风电场面临诸多难题

海拔5000米,已经接近超高海拔与极高海拔的临界点,其气流条件、气压条件和气候条件都对机组性能提出了更高的要求。建设高海拔风电场,面临着诸多难题。

业内流行着这么一句话:高海拔地区的风“有气无力”。这是因为风能大小与空气密度成正比,而高海拔地区空气密度低,因此与平原地区同等风速条件相比,这里的风机转速更慢,发电功率更低,总结成一句话:“风大,但带不动。”

不仅如此,高原地区风速变化快,有时早晚风力小,中午却刮起超强大风。风速的剧烈变化导致风机功率波动较大,不仅有损机组的核心器部件,还对平稳发电造成不利影响。此外,气压低的高海拔地区散热条件差,这就容易导致风机轴承过热,降低机组使用寿命。有时,风机还会面对冰雹、雷暴等极端气候条件。在超高海拔环境中,还有紫外线强度高、高低温变化剧烈、风沙雨雪冲刷频繁等问题,这都对风机叶片性能提出了更高要求。

在大家的印象中,风机总是慢悠悠地旋转,殊不知,风机叶片前缘的运动速度有时可以达到高铁的时速。

青藏高原地区的风机经常遇到气流干扰现象。王亮告诉记者,就像大家平时坐飞机遇到气流干扰时一样,高速运动的风机如果遇到气流干扰,同样会发生颠簸,这会严重影响发电效率。

建设高海拔风电场,施工也是个难题。一些施工机器也会产生“高原反应”,出现降耗降容的现象,比如起吊机械时,由于氧气不足、燃烧不充分,导致施工设备无法达到与平原地区相同的出力效果。

### 技术创新“治好”风机“高原反应”

在如此高的地方建设风电场史无前例,这意味着无经验可循、无技术可依。依靠技术创新、设计优化,措美哲古

风电场项目成功实现了在超高海拔地区高效率发电。

针对高海拔环境,措美哲古风电场的机组选择了叶片长度更长的风机产品,加大机组扫风面积,增强捕风能力。王亮为科技日报记者打了一个形象比方:“如果说平原地区的风是一碗米饭,那么高原地区的风就是一碗稀饭,我们要通过把碗变大来‘喂饱’风机。”因此,措美哲古风电场机组的叶轮直径较其他地区的同等功率机组增加了20米左右,使其扫风面积增加了近30%,相当于多出11个篮球场那么大的面积。

针对高海拔地区恶劣的气候环境,在风机叶片研发过程中,项目团队在叶片表面采用高耐候性、高耐磨性、高弹性的胶衣及面漆涂层,以延缓叶片老化。“如果说低海拔地区机组叶片穿的是普通棉服,那么高原机组的叶片穿的就是高科技冲锋衣。”王亮表示,这样的设计能最大程度地保护叶片,抵御恶劣环境,保证机组的质量和运行寿命。

针对西藏空气密度较低这一特点,项目团队优化了叶片的气动外形设计,提高了叶片对气流的适应性,从而稳定了机组的功率输出。

“为了解决施工建设难题,在措美哲古风电场项目中,我们借助数字技术,最大限度地扭转了自然环境带来的困局。”王亮告诉记者,项目团队利用智慧风场的数字化和智能化技术,实时监控现场天气情况和机组运行情况,做到提前预警潜在故障,提前准备备用器部件,最终在无人值守或少人值班的前提下,降低了故障率,提升了发电量和经济效益。

不仅如此,高海拔地区的风机寿命一般要比平原风机的寿命短。但是,由于采取了一系列独特设计,措美哲古风电场的高原风机寿命已经达到和平原风机同等的水平,即20年以上。

从海洋到陆地,从平原到高原甚至沙漠,近年来,我国持续推进大型风电光伏等可再生能源建设。截至2023年上半年,全国可再生能源装机达到13.22亿千瓦,同比增长18.2%,历史性超过煤电,大约占到我国总装机的48.8%;其中,风电装机3.89亿千瓦,上半年发电量4628亿千瓦时,同比增长20%。

三峡集团董事长、党组书记雷鸣山表示,西藏措美哲古风电场成功建设,为后续超高海拔地区“基地化、规模化、集中连片”风电开发奠定了良好基础,对我国超高海拔风电开发建设和地区经济社会发展都具有十分重要的意义。

还将如何安全高效推进能源绿色清洁低碳转型?

侯秉让表示,一是实施新能源和可再生能源优先开发利用,坚持高质量开发、高水平利用;二是提升节能减污降碳水平,加强绿色低碳能源技术攻关,推进节能降碳,促进煤炭绿色开发。

据悉,山西省将统筹优化布局风电光伏和支撑调节电源,分步骤重点建设晋北风光火储一体化外送基地、忻朔多能互补综合能源基地、晋西沿黄百里风光基地、晋东“新能源+”融合发展基地、晋南源网荷储一体化示范基地;加快推进分布式能源多领域融合发展;加快推进生物质能和地热能开发利用。从聚焦集中式做大做强、分布式做优做精两方面入手,持续扩大可再生能源装机规模,提高装机占比。

同时,山西省还将强化煤炭清洁高效利用、智能电网、智能制造等领域的基础研究,围绕化石能源低碳化技术、关键基础材料和重点领域统筹部署,着力提升能源领域相关基础零部件、基础工艺、基础软件等共性关键技术水平。

“山西将不断优化调整能源结构,推动能源产业绿色转型,为全力保障国家能源安全、实现山西从‘煤老大’到‘全国能源革命排头兵’的历史跨越作出新的更大贡献。”张翔说。

### 新看点

## 西气东输一线 沁水分输压气站提升工程投产

科技日报讯(记者刘园园)记者8月18日获悉,国家电网集团西气东输一线沁水分输压气站提升工程顺利投产运行,为京津冀及河南、山东、江苏等地区提供更充足的用气保障。

该提升工程是山西沁水盆地煤层气区块新增产能的配套工程,管道管径406毫米,设计压力6.3兆帕,设计上载能力10亿立方米/年,有效提升了资源上载和外输能力。

“我们通过此次适应性改造,实现了西气东输一线管道与气源管道的进一步连通,提升了外输能力,投产后外输能力可达每天850万立方米。”国家电网集团西气东输山西输气分公司经理刘俊表示。

工程投产后,西气东输一线外输山西煤层气产量将从目前的12亿立方米/年提升至22亿立方米/年,可进一步畅通煤层气外输通道,有助于释放山西沁水盆地煤层气产能,推动山西煤区瓦斯治理和综合利用,为山西煤层气实现高效勘探、高效建产、长效稳产提供重要支撑。同时,通过发挥“全国一张网”作用助力地方资源外输,有效激发各类市场主体增产增供积极性,有力推动天然气产供储销体系建设,更好保障国家能源安全。

据统计,自投产至今,西气东输一线管道外输沁水盆地煤层气总量超80亿立方米,相当于替代燃烧标煤约1065万吨,减少二氧化碳排放量约1170万吨,减少二氧化硫、氮氧化物及粉尘等有害物质排放约50万吨。

记者了解到,作为起步最早、管输能力最大的天然气管道系统,西气东输管道系统是我国自然资源跨区域调配的“四大工程”之一,该管道系统目前每年输气超过千亿立方米,为优化我国能源消费结构、改善大气环境、推动相关产业发展和促进经济发展作出了贡献。



图为西气东输一线沁水分输压气站提升工程。受访者供图

## 专家建议 建立多维度协同的新型电力系统

◎本报记者 张晔

以新能源为主体的新型电力系统如何助力实现“双碳”目标?怎样确保其安全?如何破解能源可持续发展难题?8月11日—13日,第八届紫金论电学术研讨会在南瑞集团召开。会议邀请来自中外6个国家的48位院士、教授和学者,围绕“‘双碳’目标下的能源变革与能源安全”这一主题,共同交流最新研究成果,研判能源电力领域新技术、新模式、新业态,为构建清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能的新型电力系统建言献策。

华北电力大学电气与电子工程学院教授刘崇茹认为,虽然在新型电力系统中,“源网荷”端都存在较大的不确定性,但目前我国的电网仍是世界上最安全的。

“新能源大规模接入电网后,大面积的停电都发生在国外,比如欧洲和美国。”刘崇茹解释道,欧洲和美国发生大停电的原因主要有两点:一是系统运维和监测工作做得不好,导致很多数据不能实时反馈系统的情况,极易错过最佳的控制期;二是欧美的电网企业注重盈利,而我国电网更注重安全。她表示,新型电力系统目前还处于探索和发展阶段,相关技术的发展也是一个不断认识、实践的迭代过程,而很多问题恰恰会在这个阶段暴露出来。

中国工程院院士薛禹胜说,电力系统现在处于转型阶段。电力系统和能源系统的开放,让系统内各个对象都处于高度的不确定性之下。因此,极端的自然灾害或者是极端的人为破坏,带来的故障形态将是群体性和大面积的。

薛禹胜认为,保障新型电力系统的安全必须从系统内部着手。过去我们把电力系统安全、能源安全、环境安全和经济安全等作为完全孤立研究对象,现在要放在一个整体的架构上来研究,必须建立一个从信息、物理、社会等维度协同考虑的框架,用该框架对实现“双碳”目标与能源安全的最优路径持续推演。

## 健全完善可再生能源绿证制度

新华社讯 国家发改委、财政部、国家能源局联合发布的通知提出,进一步健全完善可再生能源绿色电力证书(绿证)制度,明确绿证适用范围,规范绿证核发,健全绿证交易,扩大绿证消费,完善绿证应用,实现绿证对可再生能源电力的全覆盖。

通知明确,绿证是我国可再生能源电量环境属性的唯一证明,是认定可再生能源电力生产、消费的唯一凭证。绿证作为可再生能源电力消费凭证,用于可再生能源电力消费量核算、可再生能源电力消费认证等。

在规范绿证核发方面,通知提出,对全国风电(含分散式风电和海上风电)、太阳能发电(含分布式光伏发电和光热发电)、常规水电、生物质发电、地热能发电、海洋能发电等已建档立卡的可再生能源发电项目所生产的全部电量核发绿证,实现绿证核发全覆盖。对存量常规水电项目,暂不核发可交易绿证,相应的绿证随电量直接无偿划转。对2023年1月1日(含)以后新投产的完全市场化常规水电项目,核发可交易绿证。