

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

热点透视  
rediantoushi

措美哲古风电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。

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海拔风电开发技术和科技示范项目,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笔者,此次投产的3.6兆瓦风电机组是目前我国超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,光伏电站也是白天日照充足的时候发电量最大。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。

## 建设超海拔风电场面临诸多难题

海拔5000米,已经接近超海拔与超高原的临界点,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。建设超海拔风电场,面临着诸多难题。

业内流行着这么一句话:超海拔地区的风“有气无力”。这是因为风能大小与空气密度成正比,而超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零部件,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,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。王亮告诉笔者,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。

建设超海拔风电场,施工也是个难题。一些施工机器也会产生“高原反应”,出现降解降容的现象,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



措美哲古风电场风力发电机组。■ 三峡集团供图

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海拔地区高效率发电。

针对超海拔环境,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。王亮为科技日报笔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。

针对超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。”王亮告诉笔者,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,超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,对我国超海拔风电开发和地区经济社会发展都具有十分重要的意义。

何亮

创新杂谈  
chuangxinzaotan

江苏省苏州市吴中区牛桥村,村委会便民大厅的智慧大屏上,不仅有“美丽村民积分”排名,村务信息、惠农安心租房信息、宣传海报等也一应俱全;山东省临沂市兰陵县西横沟崖村,电子印章、网上审批等功能上线手机应用,审批留痕可查,办事效率大为提升……一段时间以来,各地大力推进智慧村务平台建设,将数字化技术融入乡村治理的各个方面,不断提升基层治理水平,赋能乡村振兴。

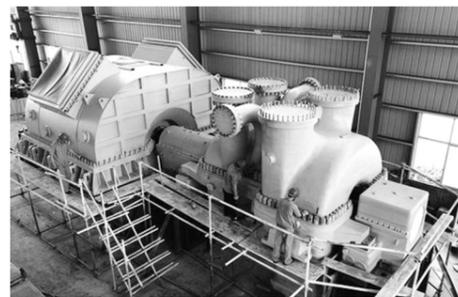
习近平总书记强调:“要用好现代信息技术,创新乡村治理方式,提高乡村善治水平。”智慧村务平台的使用,可以集纳不同领域的信息,聚合多项民生服务场景,打通为民服务“最后一公里”。除了村务管理、发布通知公告等,智慧村务平台还能集成更多公共产品,以农村普惠金融为例,银行可以通过该平台高效准确地获取服务对象的相关信息,为贷前调查、审查审批提供依据,提升“三农”贷款审批效率,降低服务成本;也可以开通支付渠道,方便村民缴纳水费、电话费等。乡村事务纷繁复杂、千头万绪,公共教育、医疗卫生、社会保障等资源又在加快向农村倾斜,依托智慧平台进行管理,有助于提高基层承接公共服务的能力,让下沉到农村的各类公共资源更高效地发挥作用。

智慧村务平台是一个标准统一、数据统一、监管统一的乡村治理工具,其推广运用,可以让农村事务的各个环节在阳光下运行。村集体资金、资产、资源等基本台账,惠农补贴发放等政策动态,村民的意见建议等,都可以在一个平台上直观呈现。这进一步完善了村务公开制度,畅通了党群沟通渠道,规范了小微权力运行,拓宽了参与基层社会治理的渠道,有助于提升乡村治理现代化水平。

建设智慧村务平台,是深入实施数字乡村发展行动、推动数字化应用研发推广的重要抓手。以数字化赋能乡村产业发展、乡村建设和乡村治理,要进一步优化智慧村务平台,采集纳入更多数据,不断拓展更新相关功能。同时要看到,数字乡村建设是一个长期、复杂的系统工程,数字乡村发展取得阶段性进展,但还不够均衡,仍有不少农民群众不太熟悉智能手机操作或缺乏智能设备。必须采取有效措施,弥合“数字鸿沟”,帮助更多农民群众学会使用智慧村务平台,让广大农民都能享受到数字时代的发展红利。

数字技术的广泛运用,让数据流带动资金流、技术流等向农村集聚,为乡村振兴带来新机遇。数字化技术能够把不同治理场景更好整合统筹起来,助力提升乡村治理效能。未来,随着信息进村入户工程的不断推进,更多适应“三农”特点的信息终端、技术产品、应用软件得以开发推广,乡村数字普惠服务不断深化,数字乡村建设将迎来更广阔的发展空间,乡村社会将更加充满活力、和谐有序,广大农民群众的获得感、幸福感、安全感将更加充实、更有保障、更可持续。

## 国际首台300兆瓦级先进压缩空气储能系统再获突破



国际首台300兆瓦级先进压缩空气储能系统多级高负荷膨胀机。■ 中国科学院工程热物理研究所供图

科学导报讯 近日,由中国科学院工程热物理研究所和中储国能公司联合自主研发的国际首台300兆瓦级先进压缩空气储能系统膨胀机完成集成测试,顺利下线。

膨胀机是压缩空气储能系统的核心部件。经过多年的不懈努力,研发团队先后攻克了全三维设计、复杂轴系结构、动态调节与控制等关键技术,研制出具有完全自主知识产权的国际首台300兆瓦级先进压缩空气储能系统多级高负荷膨胀机,并于近日完成集成测试,各项测试结果均达到或超过设计指标,具有集成度高、效率高、启停快、寿命长、易维护等优点。

先进压缩空气储能系统可以实现大规模能源储存,是支撑我国能源革命、促进“双碳”目标实现的关键技术,同时其环境友好,极具发展潜力。中国科学院工程热物理研究所通过19年的努力,建立了具有完全自主知识产权的研发体系,先后突破了系统全工况设计与控制、多级高负荷压缩机和膨胀机设计、高效超临界蓄热换热等关键技术,并分别于2013年、2016年、2021年建成国际首套1.5兆瓦级、10兆瓦级、100兆瓦级先进压缩空气储能系统。中储国能公司是中国科学院工程热物理研究所压缩空气储能技术的产业化公司,双方从2018年起,在全球率先开展了300兆瓦级先进压缩空气储能系统的研发工作。

据研发团队介绍,压缩空气储能系统的大规模化是降低成本、提高效率、提升市场竞争力的重要途径。相比100兆瓦级先进压缩空气储能系统,300兆瓦级系统单位成本降低20%~30%、效率提高3%~5%。

陈欢欢

(上接A1版)作为航空宇航学院最年轻的教授博导,航空航天系主任赵焘从未停止科研的步伐,经常带领团队加班至深夜,周边同事都认为:“他已经这么成功了,没必要再这么拼了”,但是赵焘讲到支撑他继续奋斗努力的支柱来源于他所在国防创新团队秉承的太行精神,面对同事们的劝解,赵焘是这样说的:“我的导师张治民教授给工大毕业以来已经扎根中30年,老先生近70岁高龄,仍在带领团队攻克一个技术难题,我们年轻人有什么理由不努力?”

谈及未来,赵焘教授说:“我将继续带领团队以国家重大需求为导向,瞄准航空航天制造国际发展前沿,开展基础研究,突破共性关键技术和工程应用难题,打造一支国际领先的创新团队,深耕制造、服务航天。”

张晔

# 山西做好能源行业转型大文章

科学观察  
kexueguan

“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,推进全省煤炭统一线上交易;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。加快实施大同一杯来一天津南1000千伏特高压交流

输电通道建设,加快已规划实施的“西电东送”通道调整系列工程建设,加快晋北采煤沉陷区大型风电光伏外送基地及配套电源建设,优化完善山西主网架结构与华北主网的联络,着力增加外送电能力。挖掘通道富余能力,推动跨省跨区电力余缺互济,不断拓展晋电外送市场规模和范围。

## 打出清洁低碳发展组合拳

作为能源大省,近年来山西省持续推进低碳化基地多元化发展,推动能源生产方式绿色转型。尤其今年以来山西省统筹高端多元与绿色低碳,稳步推进现代煤化工示范基地建设。

“山西省坚持煤炭和煤化工一体化发展,推动煤炭由燃料向原料、材料、终端产品转变。”山西省发改委副主任张翔介绍,今年以来山西加快建设国家绿色焦化产业基地,焦化总产能由1.88亿吨压减至1.44亿吨,5.5米以上大机焦占比达77%以上,年底前4.3米焦炉将全面淘汰并全面实现干熄焦。氢能、甲醇等开发利用步伐加快,焦炉煤气、化工尾气制高纯氢气达每年3万吨,晋南钢铁实现1860立方米高炉喷吹富氢气体冶金。

山西作为全国综合能源基地,在肩负保障国家能源安全重大使命的同时,未来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。

韩荣

# 专家建议 建立多维度协同的新型电力系统

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。

张晔