

停电事故折射中亚电网互联之殇

■本报记者 王林



8月14日至15日,哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦和塔吉克斯坦几乎同步发生大面积停电,多个城市一度陷入黑暗,公共交通和通信受到影响,此次停电波及范围之大引发广泛关注。截至目前,这场停电事故仍在调查中,但其暴露出来的问题却不容小觑:当区域电网深度互联,如何在共享电力资源的同时确保安全底线?受制于能源资源禀赋和电力结构,中亚国家中长期内电网互联、电力互济局面几乎很难改变,加强电网韧性以及协调与备份能力迫在眉睫。

■一个电力系统牵动四国

据了解,中亚五国中,除土库曼斯坦,其余四国电网都与中亚统一电力系统部分互联互通,以实现电力资源互补与跨国调剂。中亚统一电力系统诞生于1960—1970年间,运行已超过半个世纪,设备老化伴随负荷增长,电网韧性严重不足,近年来事故频发。在互联区域系统中,单台发电机组或单条输电线路事故跳闸会打破发电功率平衡,如果处置不及时,故障将向周边区域连锁扩散,最终引发大面积停电乃至系统性电网崩溃。

本次停电事故导火索指向吉尔吉斯斯坦境内托克托古尔水电站。根据哈萨克斯坦国家电网公司通报,8月14日14时37分,托克托古尔水电站两台发电机退出运行,损失功率约600兆瓦,这一故障导致该国“北—东—南”输电通道严重过载,三条最核心的500kV南北高压输电线路瞬间触发自动保护跳闸。干线切断后,哈萨克斯坦南部电网被迫与北部主网解列,进入孤岛运行状态。

吉尔吉斯斯坦能源部发布声明称,在厘清技术性中断相关情况过程中,记录到托克托古尔水电站两台发电机组发生短时停机,这是初始扰动,导致电力潮流变化和紧急控制系统启动。但随后吉尔吉斯斯坦方面立即采取隔离和调节电力输送潮流安全措施,抑制托克托古尔小故障造成扰动,包括阿拉木图在内的哈萨克斯坦南部所遭受的停电,发生在区域电网

“频率”恢复至“额定值”之后。

关于事故责任归属的分歧,印证了中亚统一电力系统的复杂性,也进一步说明中亚电网互联互通的紧密性。亚萨维哈土国际大学欧亚研究所指出,中亚统一电力系统共连接83个发电单位,包括29座热电厂和48座水电站,核心优势是实现各国间电力互补,如吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦冬季售电换取哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦夏季天然气或电力支援等。

由于中亚各国国内电力分布不均,哈萨克斯坦南部地区长期依赖中亚统一电力系统,从吉尔吉斯斯坦等国进口电力。塔吉克斯坦虽然水力资源丰富,但水电大多集中于中部,其北部地区用电需通过中亚统一电力系统由土库曼斯坦经乌兹别克斯坦进口。吉尔吉斯斯坦为保证境内托克托古尔水电站的蓄水量,保障下游国家夏季灌溉用水,不得不在冬季时从乌兹别克斯坦进口部分电力。中亚统一电力系统较好地解决了中亚各国电力资源分布不均的问题,也较为有效地保障了油气资源匮乏的上游国家冬季用电以及水资源短缺的下游国家夏季农业灌溉用水,缓解了中亚各国在跨界水资源利用上的矛盾。

■三重枷锁带来叠加冲击

不过,中亚电网深度互联带来的紧密耦合是一把双刃剑,帮助中亚各国电力互济的同时,也带来了一损俱损的系统性风险。当前,基础设施老化、发电结构单一、用电需求激增这三重枷锁正在持续冲击中亚统一电力系统。

地缘政治风险咨询公司RANE network指出,中亚统一电力系统目前面临设备超期服役、调度割裂、调峰电源储备不足、极端运行工况下抗扰动能力偏弱等问题,供电可靠性极易受到气象条件波动影响。

据了解,哈萨克斯坦60%的电网基础设施超期服役40年,输电损耗率高达15%,是欧盟平均水平的3倍。乌兹别克斯坦超过25万公里输电线路和配电网服役超过30年。吉尔吉斯斯坦约90%的变电

站服役超过25年。

法国国际与战略关系研究所调查显示,哈萨克斯坦53%的发电厂已达到使用寿命,输电网磨损率超65%,大多数住宅依赖陈旧的城市供暖系统;乌兹别克斯坦一半以上能源电力基础设施已超过30年,技术性配电损耗达12.47%,老化输电网限制了电力发电的灵活性;吉尔吉斯斯坦一半发电厂需要翻新,电网损失达20%,19%的人口依赖已有30至50年历史的城市供暖网络,冬季用电高峰期频繁发生停电。

同时,中亚国家电源结构较为失衡,清洁能源发展普遍滞后,60%—90%的发电量依赖单一能源。哈萨克斯坦较为依赖化石能源,其他国家“风光”发电占比均不足1%。土库曼斯坦火电占比近100%,乌兹别克斯坦火电占比超80%，“风光”电力开发严重不足。吉尔吉斯斯坦和塔吉克斯坦严重依赖水电,吉尔吉斯斯坦水电占比甚至达到90%,受季节影响巨大,容易出现严重季节性缺电。

随着产业转移加快、工业项目密集落地以及人口增长显著,中亚地区用电需求逐年递增。世界银行估计,到2050年中亚地区电力需求可能翻一番以上。在此背景下,中亚区域电力安全面临极高系统性风险,凸显出推动能源结构多元化、加快电网

现代化改造和强化区域协调应急机制的必要性。

■韧性互联成破局关键

当前,中亚各国都明确表达出“加强电力电网基建并追求独立化”的态度,但受制于能源资源禀赋和电力结构,未来很长一段时间内,中亚国家电网紧密相连、电力互联互通仍然难以改变。在此背景下,加强区域电网韧性、建立本地化风险预案无疑是应对中亚一体化脆弱性挑战的有效解决方案。

值得一提的是,本次停电事故中,乌兹别克斯坦的电池储能系统发挥了调节电力平衡作用,避免了功率快速下降,成为受影响程度最轻的国家。构网型储能技术能够快速响应电网负荷变化,提供有功无功调节和频率支撑,为电网的安全稳定运行提供有力保障。

联合国欧洲经济委员会经济事务官员安娜·皮沃瓦尔斯卡表示,加强供电输电能力、扩大电力贸易是中亚能源转型的催化剂,可以降低成本、提高可靠性,并促进低碳电力的获取。从现在起到2050年,加强区域互联互通,将使中亚地区电力生产温室气体排放量降低3%,每年节省

10亿—14亿美元电力生产成本。同时,还能更好地将可再生能源整合入电网,通过共享备用容量和减少对冗余容量的需求来创造经济效益。

中亚新闻网站“欧亚网”指出,此次停电事故或将推动区域电力合作进入新阶段。中亚各国均表示,将共同研究提升电网韧性的方案,包括加强电网投资、建设新的跨境输电线路、共享电网运行数据等。

分析认为,中亚区域电力互联能使各国最大化发电资源池,并有助于平衡各国能源系统之间的差异。伴随电力需求上升、基础设施老化、电力来源日益复杂多元,更深入的区域一体化必须以更具韧性的电网为支撑。

今年初,世界银行批准了区域电力市场互联与贸易计划,为期10年、分三阶段实施,旨在建立中亚首个区域电力市场,增加电力贸易,扩大输电能力,并为大规模可再生能源并网奠定基础。第一阶段融资1.43亿美元,预计将新增约900兆瓦清洁能源装机。

据欧亚开发银行透露,哈萨克斯坦计划更新超1.7万公里线路及3400个配电网;吉尔吉斯斯坦获得欧洲复兴开发银行6170万欧元贷款,用于建设新的500千伏输电线路和变电站。

进退失据：多重夹击下的德国能源危机

■刘晓丹

作为欧洲经济的火车头,德国正深陷一场旷日持久的能源危机。当前,德国天然气储备困境直观显现出危机的紧迫性。按照规划,德国应当在11月初将储气设施填充至70%,但德国能源储存倡议协会最新数据显示,目前该国天然气存储设施的储气率为49%,而去年同期为67%,明显落后于欧盟61%的平均水平。

中东地缘冲突搅动全球天然气市场,德国储气进度大幅落后于预期,高昂的能源成本持续侵蚀工业根基。德国在能源问题上反复“拉扯”,看似是地缘冲突导致的短期阵痛,实则是早年能源路线、外部格局剧变与绿色转型节奏失序累积的必然结果。

由腠入髓,能源路径错位埋下系统风险

美以伊冲突推高国际天然气价格,压缩德国能源企业储气盈利空间,企业更愿意直接在现货市场交易天然气,减少了冬季备货采购量。德国能源和水务行业协会多次发出警告,虽然物理层面储气目标尚有实现可能,但形势已经愈发紧张,呼吁政府出台税收、费用调整等激励政策,调动企业采购储备积极性。与之形成鲜明对比的是,意大利储气填充率接近80%,依靠多元化进口渠道,抗风险能力显著强于德国,凸显出德国能源供应体系的脆弱性。

欧洲天然气基准价格荷兰TTF合约持续走高,年初以来价格接近翻倍。霍尔木兹海峡承担全球超两成液化天然气运输,中东局势持续紧张,美伊谈判陷入停滞,每一次地缘动荡都会直接传导至欧洲能源市场。德国能源部虽表示当下冬季供应暂无迫在眉睫风险,已经备妥应急方

案,但市场对冬季供气的担忧并未消解。曾经依靠俄罗斯管道天然气获得稳定廉价气源的德国,在切断俄气供应之后,被迫进入全球液化天然气现货市场,从挪威、美国采购天然气,不仅采购成本成倍抬升,供应稳定性也完全暴露在国际地缘冲突的风浪之中。

追根溯源,德国能源困局源于能源转型的路径失误。2011年福岛核事故发生,尽管德国本土不存在地震海啸风险,但受国内反核舆论推动,政府调转核电政策方向,确定2022年底全面退出核电。2023年,德国最后三座核电站正式下线,彻底告别核电时代。

弃核之后,德国以天然气为过渡能源,支撑新能源发展,一边淘汰核能、压缩煤电,一边加速风电、光伏建设。但现实是可再生能源存在间歇性短板,无风无光时发电能力不足,电网与储能配套建设跟不上装机扩张速度,本土发电缺口只能依赖天然气填补。年初德国总理默茨公开批评,认为当初没有保留部分核电产能是重大失误,直接造成今天发电能力不足的窘境。德国走上全球最昂贵的能源转型道路,高昂成本不断反噬本国经济。

病急投医,全球寻源难解眼前现实困局

能源危机快速传导至实体经济,德国工业正面临“去工业化”的现实风险。德国工业联合会曾发出警告,本国经济正遭遇二战之后最严峻危机。经历连续衰退,2025年德国GDP仅实现微弱增长,工业产出连续第四年萎缩,全年下降1.1%。出口形势同样黯淡。行业机构预测,今年,德国对美国、中国两大核心市场出口难以恢复往年水平;数据显示,今年上半年德国对美出口731亿欧元,同比下降6.1%。



本报讯 近日,瑞典最大电力企业瓦滕法尔集团宣布,已选定英国罗尔斯—罗伊斯公司在瑞典西海岸建造3座小型模块化反应堆,总装机容量约1410兆瓦,年发电量约12太瓦时,约占瑞典全国年用电量的8%。首台预计于2035年左右投运。这是瑞典40多年来首个新建核电项目,标志着该国核电建设正式启动。

北欧部长理事会下属的北欧能源研究中心近期发布报告预测,到本世纪中叶,北欧各国电力需求将增长1.2至2.6倍。伴随全球地缘政治冲突引发能源危机,北欧多国核电复苏趋势明显。

瑞典政府于2023年修改能源政策,结束了近40年对核电的限制性政策,取消全国最多10座反应堆的数量限制。2025年,瑞典根据《核安全公约》提交的第十次国家报告表示,瑞典正在改革新反应堆许可审批制度,完善核废料管理体系和应急准备机制,并已通过法案,建立核电投资融资和风险分担机制。瑞典气候与环境大臣罗米娜·普尔莫赫塔里表示,瑞典政府目前正采取全方位措施,在确保安全、安保及核保障的前提下,推动新反应堆的建设与投运。

丹麦目前在法律上禁止建设核电设施。今年1月,丹麦气候、能源和公用事业部正式发布《新核能技术分析任务书》,聚焦新型核技术的成熟度、建设核电所需法律修改、核安全监管体系、放射性废物管理、人才以及核电接入丹麦能源系统后的评估等方面,将据此决定未来是否修改核电禁令。

挪威关于小型模块化反应堆的讨论也在升温。2022年成立的挪威核能公司提出多个小型模块化反应堆设想。今年2月,挪威能源部正式批准挪威中部的工业园项目开展环境影响评价,这也是挪威商业核电站首次进入该阶段。

在技术路线方面,小型模块化反应堆因建设周期短、单机容量小,适合工业场景,颇受北欧国家青睐。芬兰科创公司稳能推出的LDR—50反应堆二氧化碳排放量仅为每千瓦时2.4克,是天然气燃料碳排放的0.85%、煤炭的0.47%。同时,该反应堆运行温度和压力远低于传统核电站,可建在地下,安全性也更有保障。目前,稳能公司已在芬兰达成15座反应堆的建设协议,正将业务拓展至瑞典、波兰和波罗的海国家。首座反应堆的建设预计最早于2029年启动。

北欧能源研究中心发布的报告显示,水电仍然是北欧国家主要电力来源,风电和太阳能增长迅速,但是易受天气影响。对此,北欧国家正在建设“核电+可再生能源”的互补模式,瑞典国家电网电力系统相关负责人维多利亚·内曼表示,当前电力需求越来越大,陆上风能和太阳能是目前见效最快、成本效益最高的替代方案,而核能和水力发电可以为电力系统提供长期容量、保障供电安全和增强其稳健性。芬兰核能协会执行董事哈里·瓦尔约宁认为,北欧国家重新关注核能并非短期政策,而是对长期能源体系变革的回应。

北 欧 多 国 考 虑 重 启 核 电 建 设

(徐馨)