



2026年国际足联世界杯激战正酣,本届赛事是历史上首次由3个国家——美国、加拿大、墨西哥联合承办,共使用16个体育场,分布在美国11个城市、墨西哥3个城市以及加拿大2个城市,共进行104场比赛,将成为有史以来碳密集程度最高的一届世界杯。

业内戏称这是一届“飞机扛起的世界杯”,因为横跨3国,人员流动规模空前,跟随球队辗转多个城市的球迷可能产生大量超出赛事官方运营的额外排放,使得在当前赛事架构下难以实现有意义的减排,直接暴露出大型国际赛事在多国联办模式下的弊端。

■ 3个国家,3种水平

2026年世界杯最引人入胜、也最富挑战性的一面,是赛事背后并非只有一个能源系统,而是3个国家,3种水平,却要共同承办一个在实际运行中将作为统一系统运作的赛事,本届世界杯在绿色环保方面无疑将面临诸多尴尬。

承办多场赛事的美国,场馆大多已按先进的能效标准运行,配有智能系统,LED照明,部分场馆还能接入可再生能源,但鉴于该国自身能源和气候政策分化

明显,各州因为党派而“各自为政”,导致赛事期间各城市之间能效表现参差不齐,进而陷入缺乏顶层协调而陷入“单点最优、整体低效”的窘境。

加拿大方面,温哥华等城市的电网以可再生能源为主,这降低了赛事能源消耗的碳足迹。但是,这一优势源于长期能源政策,而非为世界杯制定的专门战略。

墨西哥现代化步伐加快,体育场翻新,城市交通连通性改善,电网升级以确保比赛期间的供电可靠性,但从更宏观的视角来看,尚未看到大规模整合专用可再生发电、储能系统,这似乎更像是一次“即用即弃”的应急措施,而非系统性的低碳重构。

跨境电力调度、备用容量共享、实时负荷响应等统一运营所需的基础能力,在3国之间几乎不存在;更棘手的是,碳排放核算标准互不兼容,美国部分州依赖碳交易额度,加拿大靠水电盈余,墨西哥则仍以天然气和柴油兜底,导致整届赛事的碳足迹根本无法用同一把尺子衡量。

■ 场馆低碳运营难抵庞大排放

场馆绿色运营方面存在亮点。国际足联发布《2026年世界杯可持续发展与人权战略》,对赛事的可

2026年世界杯 碳足迹将创历届最高

■本报记者 王林

持续管理做出了原则性承诺,并强调所有场馆须获得可持续建筑认证、减少柴油发电机使用、提高资源回收效率等。

根据该战略,全部16个体育场均为现成设施,拥有交通连接和接待基础设施。这从一定程度上避免了碳密集的建筑工程,也避免了赛事结束后场馆空置带来的浪费。此外,16个体育场为赛事铺设混合天然草坪,与人造草坪相比,这种草坪可以固碳、改善生物多样性并减少城市热岛效应。

在美国各主办城市,许多场馆要么通过太阳能装置就地发电,要么通过与风电和太阳能项目签订长期协议购买可再生能源证书,以实现绿电供应。其中,亚特兰大的梅赛德斯-奔驰体育场是北美首个获得LEED铂金级认证的专业体育场馆,也是全球首个获得TRUE铂金零废物认证的体育场,拥有超过4000块太阳能电池板,每年可产生约160万千瓦时绿色电力。通过高效设计,年总用电量降低29%。

虽然主办场馆认真对待运营层面的循环,但对于赛事的整体减排仍是杯水车薪,现有可持续发展措施只解决了实际影响的一小部分,安装太阳能电池板、回收箱和混合草皮球场等产生的环保效益,根本无法抵消赛事期间跨国航班累积的碳排放。法国碳评估公司Greenly预计,体育场运营和翻新仅占预计排放的3.1%。

国际足联于2021年首次发布气候战略,承诺到2030年将自身排放量减少50%,并于2040年实现净零排放。但需要注意的是,本届世界杯期间,国际足联主席因凡蒂诺乘坐私人飞机穿梭于各赛区城市,在赛事的前10天里,他已现场出席了36场比赛中的15场,在墨西哥、加拿大和美国的11座城市之间飞行了近2.2万公里,引发的碳排放争议遭到集中批评。

■ 航空飞行是排放主要来源

本届世界杯赛制首次容纳48支球队,赛程上新增40场比赛,参赛国家数量增加50%,横跨3国多个城市,场馆之间的遥远距离无形中增加了更多出行排放,航空飞行无疑将占本届赛事排放量大头,进入赛事后半段的球队可能要在小组赛和淘汰赛之间辗转数千英里。

全球责任科学家组织(SGR)指出,2026年世界杯可能产生总计约900万吨二氧化碳当量的排放,这几乎是2010—2022年间历届赛事平均水平的两倍,大致相当于650万辆普通汽车行驶一整年的排放量。

Greenly及英国智库“新天气研究所”联合研究指出,2026年世界杯可能产生约780万吨二氧化碳排放量,是2022年卡塔尔世界杯380万吨排放量的两倍多,观众与参赛人员的航空出行将贡献87%,约为682万吨,仅观众国际航空出行就将产生505万吨。

Greenly指出,球迷从哪里出发、如何到达,以及赛制是鼓励还是抑制长途旅行,将决定本届世界杯的碳足迹规模。

英国广播公司体育频道调查发现,英格兰球迷如果跟随球队走完小组赛,仅在主办城市之间旅行就超过1760英里,相当于每位支持者就产生3.5吨二氧化碳。

国际足联承认,航空飞行是任何大型活动碳足迹的主要贡献者,已经通过购买碳信用额度和使用现有场馆实现“碳中和”。

然而,国际足联的碳核算方法排除了某些类别的间接排放而受到批评和质疑。业内指出,国际足联未充分纳入场馆全生命周期影响,且碳抵消额度的“额外性”存疑,实际减排效果存在“漂绿”嫌疑。

到本世纪三十年代中期 储能装机或将激增五十倍

■本报记者 董梓童

国际风险管理和技术服务机构DNV最新发布《2026年能源行业洞察报告》显示,随随着全球各国对太阳能和储能的投资不断增长,市场对灵活能源管理解决方案的需求也在同步上升。到本世纪三十年代中期,约半数新建太阳能发电项目将配套建设电池储能设施,较目前约6.6%的比例大幅提升;到2049年,“太阳能+储能”装机容量将增长一百倍。

■ 到2030年装机 将达到800吉瓦

DNV指出,随着全球各国能源体系均向绿色能源转型,用于管理能源储存、调度和交易的数字化系统,其重要性正日益与硬件设备本身相当。

DNV能源系统部首席执行官迪特尔夫·恩格尔表示,以太阳能、风电和储能为代表的三大关键技术成本已大幅下降,在越来越多的地区具备超越化石能源的经济竞争力,这一趋势已不可逆转。

从全球电力结构来看,风电和太阳能在2023年占全球电力构成的16%,DNV预测可再生能源持续保持强劲增长势头,风电和太阳能预计到2030年将提供全球32%的电力,到2040年这一比例将上升至50%,到2050年进一步达到70%。届时,全球电力消费量将较当前水平翻一番。

在这一背景下,随着波动性可再生能源在电力结构中的占比不断提升,电力系统对灵活调节资源的需求日益迫切。储能系统能够有效平滑新能源出力波动、提供调频调峰服务,成为保障电网安全稳定运行的关键支撑。

DNV预测,全球锂离子电池储能容量到2030年将达到1.2太瓦时,到2050年将激增至27太瓦时。随着储能装机占电网容量比例超过0.5%,储能应用场景正从频率调节等辅助服务,逐步转向电价套利、容量提供等更广泛的电力市场服务,储能时长也从目前的约2小时向4小时乃至更长时延扩展。

国际能源署和彭博新能源财经的研究同样印证了这一趋势。两家机构一致认为,储能容量将在2023年至2030年间增长近十倍,从85吉瓦增至近800吉瓦。彭博新能源财经预测,2026年全球储能新增装机预计达158吉瓦/459吉瓦时,同比增长约41%。

■ 系统将面临 日益复杂的运营挑战

随着储能规模快速扩张,电力系统运行复杂性显著上升。DNV指出,随着“太阳能+储能”项目日趋普及,开发商、运营商和设备制造商正面临日益复杂的运营挑战。

并网接入难是首要制约因素。DNV报告显示,电网基础设施已成为可再生能源发展的重大约束。多数受访者表示,现有电网不足以将可再生能源电力输送至需求中心,输电线路建设滞后于实际需求。全球范围内,至少3000吉瓦的项目正等待并网接入。

在一些市场,并网排队时间甚至超过十年。审批延迟同样是关键障碍,约70%的受访者表示,复杂的审批程序和当地执政机构正在延缓项目开发进度。

网络安全风险日益凸显。随着储能项目数字化程度不断提高,网络攻击面持续扩大。欧盟NIS2指令等新规对能源基础设施的网络安全提出了更高要求。运营商必须实施风险管理措施、报告安全事件,并将网络安全管理提升至企业治理层面。2026年以来,网络威胁已成为可再生能源资产所有者和运营商的核心运营风险之一。

收益不确定性同样困扰着行业参与者。储能项目的收入来源涉及电能市场、调频辅助服务、容量市场等多个渠道,各市场监管规则和价格形成机制差异巨大,给项目收益预测带来较大不确定性。

DNV能源系统部数字与数据解决方案执行副总裁胡安·卡洛斯·阿雷瓦洛表示:“‘太阳能+储能’的快速增长势不可挡,但前提是行业必须解决并网接入、网络安全风险和收益不确定性等现实瓶颈。”

■ 亚太地区将引领 全球储能投资

报告显示,49%的亚太地区受访者计划增加对储能领域的投资,而中国、智利和澳大利亚等市场也在持续快速扩大部署规模。

中国新型储能装机规模稳居世界第一。据国家能源局数据,截至2025年底,国内已建成投运新型储能装机规模达到1.36亿千瓦/3.51亿千瓦,较2024年底增长84%。

中关村储能产业技术联盟发布的《储能产业研究白皮书2026》预测,在保守场景下,2030年中国新型储能累计规模将达到371.2吉瓦,2026至2030年复合年均增长率为20.7%;在理想场景下,将达到450.7吉瓦,复合年均增长率为25.5%。

智利正成为全球储能部署的标杆市场。据智利可再生能源与储能协会预测,如果当前趋势持续,到2026年底智利将拥有约9吉瓦、平均持续时长4小时的电池储能项目投入运营,比该国原定的2030年部署2吉瓦储能系统的目标提前了四年。目前,智利在建的能源项目中,95%为可再生能源或储能项目。

澳大利亚储能市场同样增速迅猛。2026年第二季度,澳大利亚国家电力市场新增电池储能装机1975兆瓦、5560兆瓦时,创下历史第二高季度纪录。澳大利亚能源市场运营商在最新发布的《2026年综合系统规划》中明确提出,到2050年需部署35吉瓦中短时储能系统和5吉瓦长时储能系统。

值得一提的是,报告发现,全球仅52%的受访者认为能源转型正在加速,这一比例低于2022年的80%。DNV分析认为,这并非意味着转型停滞,而是反映出行业正从“政策驱动预期”转向更加务实的发展阶段。市场和企业正将安全、可靠的能源供应与长期脱碳目标放在同等重要位置。各方雄心依然高涨,但投资决策越来越受经济竞争力、基础设施完备程度和市场现实因素的驱动。

日本核电「回归」引争议

■本报记者 杨沐岩 本报实习记者 王静怡

■ 为何日本难离核电

据日本经济产业省统计,到2025年,火电仍是该国主力电源,占总发电量64.5%。作为主要发电燃料,日本的煤炭和液化天然气(LNG)供应主要来自澳大利亚和中东地区。

今年3月以来,中东油气资源运输持续受阻,亚洲现货LNG价格一度在短期内暴涨60%—70%。这一背景下,不少亚洲国家集中开启燃料向煤炭转换的进程,6月初,亚洲煤炭价格涨至22个月高位,市场供应趋于紧张。日本家庭用电实行“燃料费调整制度”,能源供应紧张将进一步提升居民用电成本。日本民间智库预计,该国电费将于7月开始上涨,如果中东局势持续紧张,今年冬季的电费涨幅或将远超夏季。

而近年日本电力需求正持续上升,AI应用普及是重要推手。相关机构预计,未来10年内,日本电力总需求将增长5.3%,到2034年,数据中心和半导体产业的电力需求将分别达到440亿千瓦时、70亿千瓦时,占工业用电总需求约14%。但近年来,日本接连出现数据中心未能按计划开工和投产的问题,电力供应不足、输电基础设施建设滞后是重要原因。

面对进口能源涨价、国内用电需求上升,核电是少数可能在短期内“顶上”的电源。2025年,核电占日本总发电量的9.4%,占比低于煤炭、天然气和光伏,但当前日本有22座核电机组处于停机状态,总装机容量22170兆瓦。

近期,日本经济产业省提出,到2040年,核能发电量将占总发电量的20%。在推进重启核电机组同时,也将有机组陆续退役,日本计划在本世纪40年代于退役机组原址重建2至5座机组,到本世纪50年代,重建机组总数将达11至14座。

■ 新建机组挑战颇多

去年,日本政府在《能源基本计划》中提出最大限度利用核能,但日本各地核电站老化问题日益严重。尽管日本经济产业省计划在本世纪40年代重建最多5座机组,但届时达到退役年限的机组数量将达13座。

近年来,日本政府正推进开发的新一代核电机

组,布局不同技术路线。包括以现有核电站为基础,改进安全措施等的“革新轻水反应堆”;输出功率在30万千瓦以下,建设成本较低的小型反应堆等。但新建核电机组仍面临建设周期漫长、材料成本飙升和劳动力短缺等问题。日本的主要电力公司尚未制定明确的投资和建设计划,核电机组新建、重建仍面临诸多不确定性。

日本国际大学校长橘川武郎在接受日本媒体采访时指出:“如果要建设拥有新一代轻水反应堆的核电站,每座机组的建设成本高达2万亿日元。在日本现行制度下,电力公司很难拿出如此巨额的资金投入建设。此外,也很难判断未来日本电力需求是否会如预测那般增长。这进一步增加了电力公司做出投资决策的难度。”他指出,除非日本政府出台具体支持措施,不然到本世纪50年代重建11至14座核电机组的计划将一直停留“纸上谈兵”阶段。

此外,人才问题也持续困扰日本核能产业发展。据日本媒体报道,2009年以来,日本从事新建核电站的人员数量减半,降至约2300人。日本重工业公司IHI已有8年未建成新的反应堆压力容器;日立拥有新建核电站经验的人员仅占全体员工的约15%。同时,为日本核能领域输送人才的教育基础也日渐薄弱,过去10年来,核能相关专业的研究生入学人数没有增长。

■ 公众信任难以修复

新建核电机组面临不确定性的同时,日本核电机组重启的争议也不断扩大。

近期,日本中部电力公司数据造假问题引发关注。该公司运营的滨冈核电站涉嫌篡改部分设施的抗震数据,隐瞒了地震对核电站可能产生的破坏风险,于2025年5月被日本政府核能监管机构原子力规制委员会正式调查。今年1月,中部电力公司管理层承认了造假问题,并当众鞠躬谢罪。但在7月1日,原子力规制委员会发布公告指出,在去年5月被调查后,中部电力公司仍大肆篡改数据。

原子力规制委员会委员长山中伸介在7月1日的新闻发布会上批评中部电力公司称,该公司安全文化缺失、工程师伦理沦丧。有委员认为,此类造假可能与公司高层有关,许多日本民众对此表示不满,要求加大对该公司的调查。

今年1月20日,柏崎刈羽核电站6号机组发现控制棒警报系统参数设定错误,重启被迫推迟。1月21日,该机组重启后仅5小时25分钟,异常警报触发导致机组再度停运。该核电站所在的新潟县2025年10月民调显示,约60%的居民认为重启条件尚未成熟,近70%的居民对东京电力公司的运营能力感到不安。

日本广播协会在报道中指出,福岛第一核电站事故后,日本民众对核电安全性的担忧已根深蒂固。如何恢复已被严重动摇的公众信任成为日本核电发展亟待解决的问题。不仅核电机组重启,新建机组也须获得当地社区的理解和同意。如果要在退役机组原址重建新机组,意味着核电站在相关地区的存在时间将延长,对于日本政府和电力公司来说,不仅需要持续完善防震防灾措施,也须认真回应当地诉求。