

中国科学院院士欧阳明高谈动力电池：

## 到2030年将有一次全方位技术革新

■ 本报记者 李玲

在能源转型的大背景下，我国新能源汽车发展势头强劲。工信部数据显示，今年前三季度，我国新能源汽车产销分别完成631.3万辆和627.8万辆，同比分别增长33.7%、37.5%。新能源汽车新车销量占汽车新车总销量的29.8%，产销规模进一步扩大。

作为新能源汽车的核心部件，动力电池的安全问题至关重要。在近日举办的新能源科学与交通电动化国际论坛上，中国科学院院士、清华大学教授欧阳明高指出，高比能、高安全性是动力电池未来发展方向。从最开始的锂电池动力化转型，到现在的电池技术数字化、智能化转型，安全性都是首要解决的问题。

在欧阳明高看来，电池技术的创新周期大约是30年。自2000年起，锂离子电池开始在动力方面应用，预计到2030年将会有一次全方位的技术革新。

“2000年开始的第一个十年，主要是在解决锂离子电池动力化的安全问题，现在也还在继续解决。2010年起的第二个十年，随着动力电池产业规模不断增大，提质增效需求推动了动力电池全产业链的技术革新、数字化转型。第三个十年，也是现在正在发生的，电池超高比能的需求催生新材料的换代，也就是以固态电解质研发为核心的全固态电池技术。”欧阳明高表示。

据欧阳明高介绍，电池安全问题的本质是电池热失控，主要由过充、过放等诱因导致电池内部温度上升，超过正常电化学反应过程释放的热量，导致发生放热的副反应，加速电池温度上升，当温度达到临界点就会发生热失控。“热失控在整个电池系统内蔓延，就像



欧阳明高

引燃一个鞭炮一样，导致最后的电池燃烧事故。”欧阳明高说。

“为应对这个过程，我们建立了电池安全技术体系。推出了电池行业首个AI大模型，使电池安全预警的准确度提高了一个数量级，建立了电池热蔓延的测试和仿真，以及热管理设计的全套技术，保障了中国新能源汽车大规模推广时的安全水平始终不低于燃油汽车，平均事故概率低于0.5/10000。这一技术解决了用户的安全焦虑，这也是最重要的一个焦虑。”欧阳明高表示。

据介绍，电池安全技术体系主要包括三个方面：一是被动安全的安全电池，针对热失控蔓延进行防控设计和系统开发；二是主动安全的智能电池，针对各种诱因进行安全预警和主动调控；三是本质安全的固态电池，通过提高电池材料的热稳定性，来防止热失控的发生。

以能够实现主动安全的智能电池开发为例，欧阳明高介绍，电池热失控

诱因就像人的癌症一样，比如肺癌的结节，刚开始是不明显的，但是慢慢会长大。“怎么来复现这个过程呢？我们采用了缺陷植入，有目的地将焊渣等收集起来植入到电池里，这样就可以观察热失控的早期、中期、晚期、末期是如何演变的。通过这种复现重构热失控过程，就可以找到预警的方法。”欧阳明高说，预警之外，智能电池还要具备主动调控和智能化功能，在此基础上，进行全生命周期的智能设计、智能制造、智能管理、智能回收。

在欧阳明高看来，动力电池的最终目标，是要做到本质安全，这要通过全固态电池的开发来实现。首先是解决正极材料、负极材料、电解质的问题，通过使用高安全隔膜、增加阻燃剂等方式提高本质安全。“我们通过结构调控实现了Ni90高镍正极跟硫化物复合电极下容量达到235mAh/g，在5C充放电倍率下的循环超过5000圈。我们制备的硫化物全固态电池体系下的硅材料比容量超过了2400mAh/g，首次库伦效率超过了86%，现在已经开始了千吨级的产业化。另外，我们也研发了Ah级的全固态电池，目前可以做到电池容量15Ah，能量密度达到350Wh/kg，热箱耐受温度200℃，工作区间-20℃—120℃，预计到2025年能量密度能达到500Wh/kg。”欧阳明高介绍。

“目前安全电池已经做到了产业化，为动力电池和储能电池提供了新方法。我们正在开发下一代智能电池，将安全技术、智能技术全部结合起来，预计在2025年左右产业化。全固态电池也在研发之中，预计在2027年—2030年间可以规模产业化。”欧阳明高表示。

## 我国建立煤电容量电价机制

“目前各地大多采用清单中的低价电源，如水电、部分煤电等，为居民、农业提供保障，容量机制下一部分原本由居民、农业承担的煤电固定成本转由工商业企业承担，一定程度上将加剧交叉补贴，但是整体规模可控，不会形成大规模影响。”张超分析。

政策性的电价机制给予了煤电参与系统调节的动力和空间，但业内专家分析，容量电价并不意味着煤电机组拿到了“养老保险”，随着电力市场建设和顶层设计的不断完善，煤电机组最终还是要面对市场化竞争。

“容量电价是一个过渡性政策，未来随着电力市场建设发展，将逐渐向基于市场化配置的容量补偿机制或容量市场制度发展变化。通过市场确定价格而非政府定价，将有助于更多可提供容量支持的资源通过公平竞争，获得有效补偿，进而确保电力系统发电容量长期充裕。”张超指出。

同时，从《通知》也可以看出，容量电价的目的并不是要完全补偿煤电机组的固定成本。《通知》规定通过容量电价回收固定成本的比例为：2024—2025年，多数地方为30%左右；2026年起，将各地比例提升至不低于50%。大唐技术经济研究院产业发展研究所研究员孙李平指出，容量电价是兜底，使煤电企业有生存的底线。“但不能过上好日子，还是要看电能量市场获得的边际收益。有效市场和有为政府推动全国统一大市场建设，二者不可偏废，没有容量电价的兜底保障，单靠电力市场不可持续；单靠容量电价，没有竞争，也难以让煤机高效率运行。”

国盛证券分析师张津铭表示，在保障了煤电长期高效参与市场化竞争的同时，随着现货市场逐步放开，煤电机组应当继续提高效率，优化报价策略，提升自己在电能量市场中的竞争优势，适应煤电向基础保障性和系统调节性电源并重转型。

## 仍处改革初期——

## 未来应不断完善机制

“煤电企业分为几类，一类是有配套煤矿且产量足够用的煤电企业，一类是配套煤矿

产量基本够用的煤电企业，另外一类是基本靠外购煤炭的煤电企业。要想获得竞争优势，拥有配套煤矿的煤电企业拥有了天然优势，他们可以根据市场的需要配套最适合的煤种，以便让机组与当地的电力市场特征相匹配。电价改革的核心是市场化，电价与煤价息息相关，现在的改革还在路上。”孙李平分析。

张津铭也指出，这次是我国的煤电容量电价机制首次出台，总体还处于这一机制发展初期阶段，后续仍有完善和进步空间。“政策出台后，争议最多的是成本疏导问题，这可能在落实中存在对政策理解不到位等阻力，建议要贯彻落实用户侧承担，避免政策变形，由其他市场主体变相分摊现象。”

因此，张超认为，要加快健全电能量市场价格监管制度。“容量电价为煤电企业提供了稳定回收一部分固定成本的途径。在合理的市场机制引导下，煤电企业参与电能量竞价时，应剔除这部分已确定疏导的成本后再进行市场报价。然而，我国电能量竞价市场发展尚属于初期，部分地区发电厂集中度较大，因此无论是中长期市场还是现货市场，均需通过完善竞价规则、加强价格波动监管等措施，避免发电合谋，重复回收成本、攫取超额收益。”

尹明建议，要重视建立计算容量电价的煤电机组固定成本标准的评价体系和滚动修订机制，确保容量电价标准能更好反映煤电行业的盈亏情况；还要重视建立煤电功能转型程度相关评价体系，确保煤电容量电价机制实施与煤电功能转型相匹配。

与此同时，在得到容量电价的同时，煤电企业也应按要求履行容量义务。王迪认为，“一些煤电机组应加快‘三改联动’，通过加强新装备、新技术研发和试验示范工作进一步提升其灵活性和调节能力，以适应煤电容量电价机制；同时，要加快技术改进和设备升级，提高煤电机组的发电效率，降低单位发电成本，这不仅会增加机组在市场上的竞争力，也符合政府对能效的要求；此外，目前煤电向基础保障性和系统调节性电源并重转型，煤电机组应进一步根据市场电价和政策信号来优化发电计划，灵活调整发电时段。”

珍惜健康 远离污染