

# 液氢储运将提升氢气资源共享和应用水平

——访空气产品公司中国区氢能业务总经理胡华利

■本报记者 苏南



胡华利

在碳达峰碳中和背景下，近两年，国际国内氢能发展异常火爆。不仅各地政府抢占氢能发展新赛道，各个央企也把目光瞄准氢能，仅今年，就有至少16家央企公布氢能产业布局。我国氢能行业发展情况如何？未来发展最具潜力领域在哪里？跨国公司在我国布局氢能，给我们带来哪些经验？带着上述问题，记者专访了空气产品公司中国区氢能业务总经理胡华利。他向记者阐述了对氢能行业发展的思考。

## ■氢能产业处于发展初期

**中国能源报**：国际氢能发展情况如何？您如何看待中国氢能行业发展？

**胡华利**：应对气候变化、加快能源转型已成为全球普遍共识和一致行动，国际氢能产业已进入产业化快速发展新阶段。“净零”目标是提升氢能需求的主要动力，低碳和零碳是未来发展关键。同时，液氢是推动大规模产业化应用的理想选择。

中国是世界上最大的制氢国，可再生能源装机量全球第一，在清洁低碳的氢能供给上具有巨大潜力，成为推动全球能源转型的关键力量。国家制定了氢能中长期发展规划，明确氢能是未来国家能源体系的组成部分，也是战略性新兴产业的重点方向，是构建绿色低碳产业体系、打造产业转型升级的新增长点。各地政府也纷纷发布当地的氢能发展规划，抢占氢能发展新赛道。目前总体看，中国氢能产业虽然处于

发展初期，但基础良好，我们相信在政府的引导和支持下，通过推动氢能产业链各环节的协作发展，氢能发展未来可期。

**中国能源报**：您认为，在中国氢能产业发展的过程中，煤气化制氢的情况怎么样？其前景如何？

**胡华利**：当前，我国“富煤贫油少气”的资源禀赋仍未改变，石油和天然气对外依存度已达较高水平；然而核能及可再生能源等仍处于发展当中，目前体量较小，不足以支撑我国经济发展的巨大能源需求。所以，从能源安全、经济发展稳定等现实角度考虑，在未来相当长的过渡期内做好煤炭的清洁化利用至关重要，而煤制氢恰是煤炭清洁利用很好的突破口。

煤制氢经济性优势明显，这主要表现在三个方面：一是原料的可获得性；二是成本较低；三是技术成熟，产量高。

煤制氢面临高碳排放问题，有条件的地方需要考虑配套技术方案，如引入绿氢减少碳排放、碳捕捉与利用、碳封存等，目前尚处于示范阶段，成本还太高，但这一定是发展方向。

## ■储氢是控制成本的重要环节

**中国能源报**：在您看来，中国氢能要形成完整产业链，其产业发展面临哪些痛点？上述难题的解决路径又是什么？

**胡华利**：近年来，中国开始加速氢能产业布局，全产业链格局初步形成。但目前中国氢能产业仍然处于发展初期，在氢能制储运加用等领域均面临诸多挑战。在电解制氢装备的产业化以及中重型氢燃料电池车辆产业化方面都有较大的成长空间。

在储运方面，目前国内最成熟的仍然是高压气态储运，但其储氢密度较低且运输半径短。随着氢能产业快速发展，下游应用场景逐渐丰富，对于氢能大规模应用的需求将逐渐增加。液氢储运可以大幅提升储运效率并降低储运成本，同时液氢可以实现中长距离的氢能运输，有利于进一步提升一定区域内氢气的资源共享和应用水平。

在氢能基础设施建设方面，目前国内加氢站能有效进行商业加站的站点仍相对较少，而且现有加氢站的日加注能力主要分布于500-1000公斤的区间，后续随着氢能产业的规模化发展，加注能力和效率更好的液氢加氢站等大型专用加氢站的优势

将会显现，成为主流方式之一，助力氢能产业化发展。

**中国能源报**：氢能产业链庞大复杂，在您看来，哪些环节最具发展潜力？

**胡华利**：氢能的产业链主要包括制氢、储存和运输、加注和应用等方面，从制氢到氢能利用的产业链中，储氢的技术贯穿在整个产业链中，成为控制氢气成本的重要环节。我们提供氢能“制-储-运-加”全产业链的解决方案，助力客户实现氢能的示范运行和商业化应用。

空气产品公司有全球最大规模的氢气液化产能，日产近200吨。在液氢的制储运加领域在全球积累了丰富的经验，大幅提升了氢能使用效率并降低使用成本。

## ■未来发展重点是液氢和无碳氢

**中国能源报**：中国碳达峰碳中和的目标，给空气产品公司的氢能业务带来哪些机遇和挑战？

**胡华利**：中国制定了“双碳”目标，能源转型势在必行，氢能发展成为热点，备受各级政府、众多企业和广大公众的关注。氢能是空气产品公司的两大支柱产业之一。“双碳”目标为我们在内的氢能企业带来了许多机遇。

首先是助力氢能产业链的建设和发展。空气产品公司在全球氢能领域有65年的丰富经验，在氢能全产业链拥有丰富的经验，涵盖生产、储存、运输、液化和应用各个方面。

其次是在商用液氢项目的先行先试。

目前，我们正在浙江嘉兴海盐投资建造国内首个世界级商用液氢工厂，在政府及伙伴的支持下，我们共同克服了先行先试项目的各种挑战以及疫情影响，预计明年投产。同时，我们也一直在参与促进氢能产业发展的相关团体标准的制定工作，为液氢储存和运输的安全性和可靠性设立更高的专项技术规范。

服务中国35年来，空气产品公司非常荣幸地参与并支持国内多个氢能示范和先行项目，其中包括在2022北京冬奥会、2011深圳大运会、2010亚运会和2008北京奥运会上推动氢能这一清洁能源的应用；在山东的首座自有加氢站，助力“氢进万家”示范工程的实施。

**中国能源报**：作为首批进入中国的跨国气体公司，空气产品公司在氢能领域下一步的发展重点是什么？

**胡华利**：我们将继续深化空气产品公司与各地政府及伙伴的合作关系，以支持各方在清洁能源转型上的协同发展。我们将重点发展液氢、低碳和无碳氢等。

液氢方面，空气产品公司在液氢的制储运加领域在全球积累了丰富的经验，液氢的运用有利于提升氢能使用效率和降低使用成本。我们在嘉兴海盐建造的中国首座世界级商用液氢工厂明年投产后，可以全面服务于周边的高端制造业，并供应快速发展的氢能交通市场。此外，作为全球超大型氢能综合项目的先行企业，我们期待把世界级低碳及无碳技术和方案，把无碳氢气带到中国来。

## 新型电力系统技术创新联盟专栏(14)

# 新型电力系统引领输变电企业升级

——访泰开集团有限公司董事长蔡韬远

■本报记者 董梓童 苏南

作为电力系统中发电端和用户端之间的桥梁，输变电环节在满足用户用电需求、稳定电网运行等方面发挥着重要作用。随着碳达峰碳中和目标的提出，“靠天吃饭”的绿电给输变电企业带来不小的挑战。

那么，在构建新型电力系统的背景下，输变电企业在创新发展的同时，应如何助力电网安全稳定运行？“双碳”目标等对输变电企业提出了哪些新要求？输变电企业如何在求新求变中盘活更多资产？带着上述问题，本报记者近日采访了泰开集团有限公司董事长蔡韬远。

## ■研发布局要充分考虑电力系统和用户的新要求

**中国能源报**：构建新型电力系统的目标对输变电企业提出了哪些新要求？

**蔡韬远**：构建新型电力系统的目标提出以后，业内龙头企业、专家纷纷进行了探索性解读，其内涵不断完善。根据目前的研究进展来看，绿色高效、柔性开放、广泛互联、安全可控是新型电力系统的主要特征，代表着电网将向高度数字化、清洁化、智能化的方向演进。

电力装备是电力系统的重要组成部分，输变电企业研发布局要充分考虑新型电力系统建设要求，方能适应电网发展。同时输变电企业的总体思路和布局也要跟随用户要求而变化。

过去，输变电企业普遍以元件制造为中心进行布局，像高压开关、变压器、电力电子等制造商较关注元件的可靠性，对电网整体的需求和安全缺乏关注。因此，新型电力系统的安全可控目标，要求输变电企业注重装备具有更快的反应速度，并能提前预判其性能。

**中国能源报**：泰开集团等输变电企业应如何支撑新型电力系统建设？

**蔡韬远**：根据“十四五”能源领域科技创新规划，结合新型电力系统要求及国内先进技术发展，我们在坚持常规产品迭代升级的同时，将深度参与新型电力系统创新技术联盟（以下简称“联盟”），以联盟提出的技术攻关项目为载体，结合公司在直流配网、用户侧储能方面的前期技术优势，与各专项规划统筹协调，进一步开发新型电力系统配网侧市场需求。

例如，核电作为常规惯量电源，对稳定电网质量、支持“双碳”目标实现具有重要意义。其中，核安全级开关设备及其核心元件国产化是我们研究开发攻关的重点，正持续加大研发投入，为实现核电设备国产化、构建稳定的新型电网作出贡献。同时，我们依托在技术研发、场景应用、课题研究等方面的工程优势和实践经验，积极参与相关标准制订，为关键技术标准建设提供案例和经验。

未来，新型电力系统将呈现数字与物

理系统深度融合，源网荷储各环节、多要素之间深度协同互动的态势，输变电企业将在绿色制造、设备环保、设备状态感知与数字化等方面开展研究，持续打造信息化、集约化、绿色化的产品和服务，为用户创造价值。同时，输变电企业应以能源、科技等总体规划为纲，与专项研究课题统筹协调，不断提高对新型电力系统特点和运行机理的认识，并做好产业链、创新链上下游联合工作，推动技术发展和产业升级，实现与新型电力系统全面对接。

## ■并网设备从“跟网型”向“构网型”转变

**中国能源报**：高比例可再生能源电力、高比例电力电子装备是新型电力系统的主要特征，输变电行业未来发展面临哪些挑战，应如何应对？

**蔡韬远**：高比例新能源电力系统呈现两方面的主要特征变化：一方面，新能源发电具有间歇性和不确定性；另一方面，新能源并网控制特性与常规电源差异大，需要大量电力电子器件持续接入，使得电网运行特征发生转变。发电的间歇性和不确定性，以及逐渐的电力电子化，是电网安全稳定运行面临的新挑战。

实现电网稳定运行，关键靠各项输变电装备性能提升和创新技术应用。因此，要快速适应电网变化提出的新技术要求，改变以往被动满足电网要求的工作思路，是输变电行业面临共同课题和挑战。

输变电企业应把握难得的发展契机，紧随国家战略导向，在技术研发、人才引进、管理模式、生产组织等方面不停探索和实践。同时需强化在电力电子方向的技术积累，坚持不懈、练足内功，站在传统设备技术的基础上，勇于迈向向电力电子化转变的步子。

在电力电子设备方面，目前我们的产业布局主要集中在电能质量治理、储能、直流等领域。面对新型电力系统建设要求，我们将重点研究友好型并网技术，把并网设备从“跟网型”向“构网型”转变。储能是未来电力系统的重要角色，因此需重点研究下一代安全、高效、绿色储能，在源网荷储各个领域发挥作用。直流方面，则是把直流配网作为研究重点，包括换流阀、电力电子

变压器、断路器、负荷均衡等，旨在建立全面的“直流感态”。此外，泰开集团正积极开展智能化、数字化转型研究，将设备和服务融入信息网，为用户提供全方位服务。

## ■通过数字化改造提升装备柔性化调节能力

**中国能源报**：输变电企业为何要向智能化和数字化转型？

**蔡韬远**：新能源大规模接入会导致频率越限风险增加、系统电压稳定问题突出、高占比地区暂态过电压严重、功角稳定特性复杂、宽频振荡现象频发等问题，因此新型电力系统稳定、柔性可控是基本要求。其中，柔性可控基于电网系统的状态感知，传统设备需智能化升级，利用全方位的设备状态感知等数字化技术，再配合边缘计算等分析判断，最终实现智能化控制。这要求输变电企业必须进行全系列数字化改造，从设计、制造、运维等方面全方位实现数字化升级，建立数字化工厂，满足电力系统柔性化要求。

具体而言，在产品方面，要对传统电力装备进行数字化升级，将传感器、智能监控单元植入传统高压输变电设备，研发分段时间更短的快速开关、无级调压多功能柔性变压器，配合SVG（静止无功发生器）等设备，实现交流输变电系统柔性化；加紧研制柔性直流输变电装备，包括直流断路器、直流变压器、换流阀、电线路由器等，构建交直流混合柔性互联输配电系统。

**中国能源报**：输变电企业还需重点布局哪些关键技术？

**蔡韬远**：根据联盟重大技术创新框架，其中33项与电力装备制造相关，这些都是我们需要重点关注和布局的方向。其中，在发电领域，要研究新能源直流汇集、直挂储能支撑等关键技术，目前新型直挂式储能设备已在珠海三角海上风电储能工程安全运行；在输电领域，研究高压大容量直流断路器技术、国产化功率半导体器件替代技术，我们研发的500千伏直流断路器已应用于张北柔性直流输电示范工程；在配电领域，研究直流电压、高效电能变换、中压柔性互联等关键技术，研发的多端口电线路由器设备已应用于国家重点研发计划东莞数据中心示范工程，三端口直流故障电流控制系统已应用于珠海唐家湾中压柔性配示范工程。

相关的智能化、数字化、二次融合等装备将随着新型电力系统建设迭代发展，能源系统数字化技术将为新型电力系统数字赋能，助力建设智慧电网。同时，电力电子化水平提高，使得保护、二次系统、调度等环节相对于传统电网都发生了较大改变，尤其是大规模新能源并网和交直流混合更是增加了电力系统的复杂程度和不确定性。对此，我们将依托先进的在线仿真平台，与中国电科院及各省电科院、高校合作，开展新型电力系统仿真技术研究，探索设备和系统解决方案。

## 观点

# 新增可再生能源消费量不纳入能源消费总量控制意义重大

国家可再生能源信息中心主任赵增海：

近期，国家发改委等三部委联合印发《关于进一步做好新增可再生能源不纳入能源消费总量控制有关工作的通知》（以下简称《通知》）。《通知》从准确界定新增可再生能源电力消费量范围、以绿证作为可再生能源电力消费量认定的基本凭证、完善可再生能源消费数据统计核算体系等五方面提出了12项具体举措，为完善能源消费强度和总量双控制度提供了保障。

国家可再生能源信息管理中心主任赵增海撰文指出，现阶段将新增可再生能源电力消费量不纳入能源消费总量控制，有利于降低碳排放强度，有利于促进可再生能源发展，有利于为经济社会发展提供弹性用能空间，对推动能源清洁低碳转型、保障高质量发展用能需求、促进能源资源高效利用和绿色低碳发展、助力实现碳达峰碳中和目标具有重要意义。

## 有利于建立科学规范的新增可再生能源电力消费统计核算体系

绿证是国际通行的绿色电力消费证明方式，2017年，《关于试行可再生能源绿色电力证书核发及自愿认购交易制度的通知》提出在全国范围内启动绿证核发和自愿认购制度，明确提出绿证是消费绿色电力的唯一凭证。以绿证作为可再生能源电力消费量认定的基本凭证具有科学性和可操作性。

赵增海表示，准确认定可再生能源电力消费量需满足三个条件：一是能够证明可再生能源电力的产生并予以统计；二是能够避免可再生能源电力消费量的重复计量；三是能够追踪并记录可再生能源电力交易情况和市场主体的可再生能源电力消费量。我国绿证制度设计了绿色电力证书全生命周期追踪机制，该机制以证书的唯一编号为线索，记录绿证从生产、交易、注销的全生命周期信息，可保证绿证数量不被重复统计以及同一个证书被重复交易。因此，以绿证作为可再生能源电力消费量认定的基本凭证可实现可再生能源电力消费量全链条信息追踪，是建立新增可再生能源电力消费统计核算体系的科学依据。

在赵增海看来，绿证制度实施以来，已推动建立一整套规范、有效的绿证核发和交易体系，证书核发、认购交易总体平稳有序。同时，绿证制度与绿电交易试点进行了充分衔接，国家可再生能源信息管理中心已与北京、广州两家电力交易中心实现了系统互联、数据互通，按照国家相关要求对交易中心批量核发绿电对应绿证。鉴于绿证核发交易制度的实践经验，以绿证作为可再生能源电力消费量认定的基本凭证具有坚实的实践基础和较强的可操作性。

## 有利于促进全社会绿色电力消费，助力可再生能源高质量跃升发展

赵增海表示，《通知》有利于促进全社会绿色电力消费。绿证制度的实施初步推动全社会形成了较好的绿色电力消费共识，同时，绿证也面临核发范围窄、交易量较少、应用场景有限等问题。《通知》明确建立全国统一的绿证体系，绿证核发范围覆盖所有可再生能源发电项目，以绿证作为可再生能源电力消费量认定的基本凭证。《通知》印发将进一步激发全社会绿色电力消费意识，提升绿证市场活跃度，提高绿证认购交易量。同时，由于绿电交易是绿证交易体系中“证电合一”的具体表现形式，绿电交易量也将显著提高。

赵增海表示，《通知》有助于可再生能源高质量跃升发展。当前，我国陆上风电、光伏发电等可再生能源已迈入平价上网阶段，电力消纳也将从保障性收购逐步进入电力市场化交易，可再生能源发电面临较大的市场竞争压力。同时，新型电力系统在电能质量、辅助服务等方面对新能源发电提出了更高的技术要求，将进一步提高新能源发电系统成本。《通知》明确绿证可转让，积极推进绿证交易市场建设，推动可再生能源参与绿证交易。以绿证作为可再生能源电力消费量认定的基本凭证，有助于激活消费侧需求，充分体现绿色电力环境价值，破解发电企业面临的多重经济压力，推动可再生能源行业高质量发展。

## 有助于统筹国内相关政策机制、发挥政策合力

为推动能源清洁低碳转型，促进可再生能源开发利用，我国在可再生能源电力消纳权重考核、绿色电力交易试点、健全绿色低碳循环发展经济体系等政策中明确了绿证的作用，但未形成全国统一的绿证体系，存在定位不明确、政策衔接不充分等问题。

在赵增海看来，《通知》明确建立全国统一的绿证体系，绿证核发范围覆盖所有可再生能源发电项目，以绿证作为可再生能源电力消费量认定的基本凭证。《通知》作为重要的纲领性政策文件，有利于统筹推进绿证、绿电、消纳权重考核、碳市场等相关政策机制的衔接，形成基于绿证的可再生能源电力计量体系，有助于发挥政策合力，推动能源绿色低碳转型，助力实现碳达峰碳中和目标。

赵增海表示，国家可再生能源信息中心将进一步建立健全与电网企业、交易机构、行业协会的数据统计和数据交互规范，及时准确地为国家统计局、国家能源局报送相关数据，保障新增可再生能源消费统计核算体系平稳有序运行。（张宝）