箱式一体化储能系统概述

访中国电力科学研究院电工与新材料研究所储能研究室主任李建林

■ 崔 岩/本刊记者

李建林 教授级高工
中国电力科学研究院电工与新材料研究所储能研究室主任

箱式一体化储能系统能够为火电、风电和光伏发电站等提供综合全面的电能质量解决方案，在电力系统中发挥出调峰、电压补偿、频率调节和电能质量管理等重要作用，保证系统的安全、稳定及可靠运行。

间歇式新能源的开发和利用已经成为近年来电力行业发展的重点，新能源不仅绿色环保，而且能有效缓解电力紧张地区的用电问题，如何能使得新能源得到妥善的利用是重中之重。储能技术可以促进新能源的利用，提高电力系统运行的稳定性并提高电网电能质量，保证供电的可靠性。随着储能应用需求的逐渐增多，这些应用需求也对储能系统的应用形式提出了新的要求，如占地少、建设快和可移动等，于是箱式一体化储能系统应运而生。2008年，美国的 A123 Systems 公司就已经研发出 2 MW × 0.25 h 的 H－APU 柜式磷酸铁锂电池储能系统。2009年，AES 公司与 A123Systems 公司合作，在其电网中安装了多个 H－APU 柜式储能系统。近年来，国内企业也开始陆续研发箱式一体化储能系统，如中广核的500 kW/500 MW·h移动式储能系统、大连融科公司的NESSC集装箱式液流电池储能系统以及中宇锂电能源股份有限公司的铁锂电池储能系统。随着箱式一体化储能系统的技术发展及推广应用，诸如材料工艺以及场景要求等问题也随之而来。为此，本刊特别采访了中国电力科学研究院电工与新材料研究所储能研究室主任李建林，请他从技术、箱体材料工艺以及场景要求等方面对箱式一体化储能系统予以介绍。

箱式一体化储能系统的技术分析

电气应用：请简要介绍一下箱式一体化储能系统，其组成和功能是什么？箱式一体化储能系统具有哪些优点？

李建林：箱式一体化储能系统是将电池系统、并网发电系统所需的交直流配电、逆变和监控通信等设备集中安装在一个或多个特制的标准密闭箱体内，完成风、光、火发电系统的并网控制、数据采集和远程传输功能。箱式一体化储能系统能够为火电、风电和光伏发电站等提供综合全面的电能质量解决方案，在电力系统中发挥出调峰、电压补偿、频率调节和电能质量管理等重

要作用，保证系统的安全、稳定及可靠运行。

与传统的固定式储能系统和逆变器机房相比，箱式一体化储能系统具有成本低、绿色环保、建设周期短、集约用地、安装调试简单和外形美观等特点。箱式一体化储能系统的设备只需生产、安装和调试以后，直接调往工作现场，进行简易的固定、安装和调试后即可进行正常运行工作。图1为箱式一体化储能系统外观图。图2为箱式一体化储能系统的一种整体连接示例。

图1 箱式一体化储能系统外观图

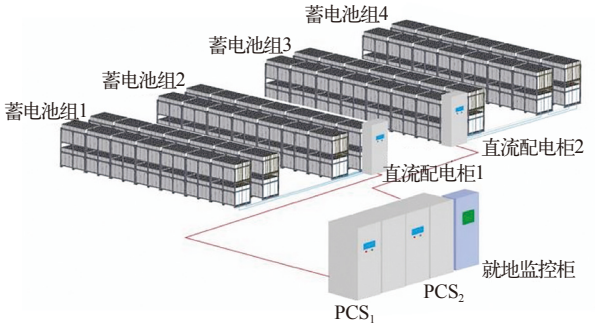

图2 箱式一体化储能系统的一种整体连接示例

箱式一体化储能系统的优点列举如下。

1）高集成度，占地少，不受地域和空间限制。多个设备集中放置在一个20 英尺（589 cm × 234 cm × 239 cm）或 40 英尺（1200 cm × 234 cm × 239 cm）的箱体内，所占空间很少，解决了建造站房不便捷地区（如偏远地区或人口建筑集中的城市中心）的应用问题。

2）快速部署，安装便捷。标准化产品，需要用户完成的安装工作很少，相较于建造站房所需要的 3~5个月，箱式一体化储能系统的安装仅需1个月。此外，箱式一体化储能系统灵活性强，可按需布置，可灵活应用于多个场合，满足多种临时性突发需求。

3）建设、运营成本低。节省了高额的土建成本，同时基于模块化的产品设计，管理简单，大幅减少了运行维护成本。

4）模块化设计，扩展能力强。模块化产品，便于扩展，客户可根据业务需求分期投资，减少客户前期投资压力。

箱式一体化储能系统的箱体材料选择

电气应用：选用优质、合理的材料制造箱体，可提高系统使用寿命，保证系统的稳定性，减少日常运营成本。当前，箱体的制造材料有哪几种，哪一种材料更适合用来制造箱体？

李建林：箱式一体化储能系统的箱体为整个系统提供封闭空间，能够遮风、挡雨和遮阳，箱体内部的温湿度范围可控，为系统正常运行提供环境保障。箱体的使用年限直接关乎到整个储能系统的使用寿命，因此选用合适的制造材料来打造箱体尤为重要。

制造材料是指箱体主体部件（侧壁、端壁和箱顶等）材料，当前主要可分成三种，即不锈钢、瓦楞钢和玻璃钢。现将三种材料的性能进行对比，如表1所示。

综合各项指标，玻璃钢是一种较为理想的材料，现将玻璃钢化工优点详细列举如下。

1）优良的耐腐蚀性。根据工况条件，选用适宜、成型的工艺，可以生产出耐多种酸、碱、盐类及有机溶

表1 箱式一体化储能系统箱体制造材料性能对比

	经济性分析	设计年限	强度	重量（密度）	耐腐蚀性	环境适应性
不锈钢	初始投资大，造价高	*	强度高	7.93（g/cm³）	不锈性，耐酸性	环境适应性较好
瓦楞钢	价格低廉	*	强度大，结构牢，焊接性高	7.7~7.9（g/cm³） 6~10（kg/m²）	防腐性差	水密性好，不适于自然环境
玻璃钢	初始投资高，维修费用低，总体经济性好，总体造价是金属箱的2/3	使用年限长，寿命约为金属箱体的3倍	强度大	1.6~2.0（g/cm³）	不生锈，防腐蚀，耐化学性	抗冲击碰撞性好，箱体外表面可承受温度为范围，−45~55℃，隔热性好，维修简便

注：瓦楞钢板是薄钢板冲压而成，所以密度与钢板相同。表1中，6~10（kg/m²）为建筑用钢结构房屋面板的单位。

剂的玻璃钢制品

2）轻质高强。玻璃钢的比重只有1.4~2.0，而纤维缠绕的拉伸强度可达300~500 Mpa，超过普通钢的极限强度，因此可作为防腐设备的主要结构材料，并且具有运输、安装和维修方便的优点。

3）可设计性好。玻璃钢是一种可以改变其原材料种类、数量比例，增强材料的排布方式，以满足不同性能要求的复合材料。

4）良好的施工工艺。可以通过不同的成型方法和模具方便地加工成所需要的形状。这一特点最适合大型、整体和结构复杂的设备和施工要求，适用于现场施工和组装。

5）良好的表面工艺。由于玻璃钢是整体成型的无接缝，内壁光滑，与化学介质接触时，表面很少有腐蚀产物和结垢现象，更不滋生菌和微生物。因此不污染介质。

6）抗老化、阻燃。玻璃钢是增强塑料范畴的制品，使用寿命为50年，弯曲度可保持在46～64%，拉伸度保留率为71.2%，如再配加防老化剂，防老化性能更好。玻璃钢基体中加入阻燃剂，氧指数可达34～36，完全满足发酵设备的阻燃防火要求。

7）综合造价较低。由于玻璃钢具有重量轻、耐腐蚀性好、使用寿命长和维修少等优点，其安装、使用费用和综合造价低。

8）玻璃钢箱体使用寿命远大于国家规定的箱式一体化储能系统整体使用年限，在其正常工作运行期间，只需每季度对箱体内进行简单的清理灰尘即可，节省了大量的人力和资金。即使遇到不可抗力造成小面积或轻微损坏，只需进行简单修复就能继续保证系统的正常运行。

箱式一体化储能系统的应用场景

电气应用：当前，箱式一体化储能系统适用于哪些应用场景？

李建林：箱式一体化储能系统最直观而显著的优点就是移动灵活、就地安装，对不同的环境和场景都可以适应。选择三种典型应用场景进行说明，如表2所示。

表2 三种典型应用场景的技术特点

海岛地区	高原高寒地区	智能小区
箱体高等级的防盐雾性	降容处理，提高电池总容量	可再生能源与市电互补发电
箱体特殊的防雨水、防雷结构	适应宽温差和低气压等恶劣环境	应急状态过载保护输出短路保护
完善的湿度监控系统	温控系统，为电子元件提供合适的温度	主动均衡，高准确度电压采集
选取湿热型电子元件，电气结构采用斜面结构	绝缘处理，防止电气设备间产生电火花	电池反接保护，电池欠电压、电池过电压等完善保护

一方面，箱体本身具备良好的防腐、防火、防水、防尘（防风沙）、防震、防紫外线和防盗等功能，保证25年内不会因上述等因素出现故障。箱体外壳结构、隔热保温材料、内外部装饰材料等全部使用阻燃材料；箱体的进、出风口和设备的进风口加装可方便更换的标准通风过滤网，同时在遭遇大风扬沙时，可以有效阻止灰尘进入箱体内部。因此，箱式一体化储能系统有着很好的环境适用性。

另一方面，箱式一体化储能系统可以实现平滑功率输出、减少线损、削峰填谷、保障能源供应、参与系统调频、暂态有功出力紧急响应和暂态电压紧急支撑等功能。其优秀的低电压穿越、无功功率响应和频率调节能力在与大型风力发电场配合应用时，可极大地提高了风力发电并入电网的安全稳定性，是风电、光电储能以及构建智能电网的理想储能产品。**EA**

典藏技术 革新应用

专业专注

时刻关注并推动中国电气技术的发展

《电气应用》是一本拥有光荣发展历程的全国优秀科技期刊。

自1982年创刊至今，已走过35年艰苦创业、改革发展的光辉历程。其所荣获的“全国优秀期刊、中国期刊方阵‘双奖期刊’和国家期刊奖‘百种重点期刊’、中文核心期刊”等诸多荣誉见证了编辑们的专业与勤奋，也博得了广大读者和业内专家的支持与厚爱，在众多电工类专业技术期刊中颇具影响力。

国内统一刊号：CN11-5249/TM 国际标准刊号：ISSN1672-9560 国内邮发代号：82-341 国外发行代号：M1409