

光储充检放一体化电站关键技术研究

马小芳

(宁夏龙祥新能源科技有限公司)

摘要：随着可再生能源的快速发展和电动汽车的普及，光储充检放一体化电站作为一种新型的小微电网，具有广阔的应用前景和市场潜力。基于此，为解决传统电站充电功率大、晚间电网负荷低谷时利用率低以及短时负荷冲击等问题，本文对光储充检放一体化电站建设的关键技术展开全面研究，重点针对其电站系统的建设以及供配电系统、储能系统、能量管理系统、电池检测以及反向供电等技术展开全面探究，希望能够为光储充检放一体化相关领域的研究提供参考。

关键词：光伏电站系统；光储充一体化设计；能量管理策略；关键技术

1 光储充检放一体化电站概述

近几年，随着新能源的迅速发展，光伏发电、风力发电等发电系统的电力输出方面存在很大的波动问题，对电网的安全稳定运行造成一定程度上的影响，从而制约了光伏发电以及资源浪费。而光储充检放一体化电站作为储能系统的重点研究课题，太阳能具有可持续发展、可再生等特点，通过对光储充一体化电站的技术和系统建设，对促进我国新能源领域发展以及电网安全稳定运行乃至双碳环保等方面都具有重要现实意义。同时，从其工作原理方面来看，光储充检放一体化电站主要利用光伏发电，产生的余电存储到储能设备中，共同承担供电、反向充电任务^[1-2]。使得电站建设过程中存在的有限土地以及配电网问题得到了解决，并借助对电能的存储以及优化配置，实现了对本地能源的生产以及平衡用户用电产生的负荷。当处于用电低谷状态时，电站可给自身或电动汽车充电。在

用电高峰，电网供电不足时，光储充一体化电站可给电网供电，起到削峰填谷的作用。

2 光储充检放一体化电站的组成

光储充检放一体化电站主要由光伏发电系统、储能系统、充电桩系统、电池检测系统、能量管理系统等五个部分组成，具体如图1所示，满足了一体化电站特性以及快速充电、电池检测服务以及反向供电等方面的需求。因此，每项功能的互相配合执行，能够确保一体化电站的供电能力、发电能力以及储能能力得到充分发挥。并借助直流微电网技术和储能系统，为车辆提供更加高效和稳定的充电服务；储能系统中存储的电能资源还能够为充电桩提供服务，以此降低能源的消耗和电网的负荷。由此可见电站的建设不仅实现了对能源的优化配置，还实现了为新能源电动汽车提供稳定的供电

服务，为新能源汽车的普及奠定了坚实的基础。而磷酸铁锂储能系统的运用，更是增强了整个充电桩的安全性和稳定性。其超长的使用寿命和卓越的安全性能，使得光储充检放一体化充电桩在提供高效能源补给的同时，也保证了使用的安全性。电站中充电桩的设计，配备了超级快充技术，通过利用180~480kW 超级快充桩，能够进一步缩短新能源汽车补电的时间，解决了汽车“充电难”的问题，这无疑为新能源汽车的普及和推广提供了强大的支持。值得一提的是，光储充检放一体化充电桩还搭载了电池检测功能。通过利用云端检测技术，实现了对新能源汽车在充电时对车辆电池状态的实时监测，且监测过程当中用户并不需要将车载电池拆卸，就能够实现对电池的检测，并在充电工作完成之后得到相应的检测报告。而检测报告的内容主要涉及车载电池的风险预警方面、保险定损方面、电池残值评估方面以及电池回收利用方面等问题。最后，电站还具有反向供电能力，可以对市电网进行供电，以满足用户的用电需求^[3]。

3 光储充检放一体化电站中的关键技术研究分析

以某市为例，该城市计划打造一座具有光储充检放 + 反向供电的一体化电站，旨在为用户提供交直流混合供电服务。具体一体化电站设计时的关键技术如下。

3.1 光伏发电系统

在光储充一体化电站中，光伏发电系统的设计主要由逆变器技术和光伏组件技术等两种技术组成。

3.1.1 逆变器技术

逆变器技术是光伏电站中不可或缺的一部分，随着电站类型的多样化，逆变器产品也在不断发展和完善。因此，为了能够进一步降低光储充一体化电站的建设成本，各大功率等级的集中式逆变器以及系统将成为未来电站发展的需求。而随着组串式逆变器的功率逐渐提升，为商业化光伏电站的建设提供设备上的支持，满足用户的需求，逆变器的保护功能也在不断完善，并进一步提高电网的适应性，确保发电系统的安全。这些技术的进步不仅提高光伏电站的效率和可靠性，也为光伏行业的可持续发展奠定基础。逆变器技术的不断创新也将推动光伏行业的可持续发展，为实现碳中和目标做出更大的贡献。

3.1.2 光伏组件技术

光伏组件也被称为太阳能电池板。该组件作为光

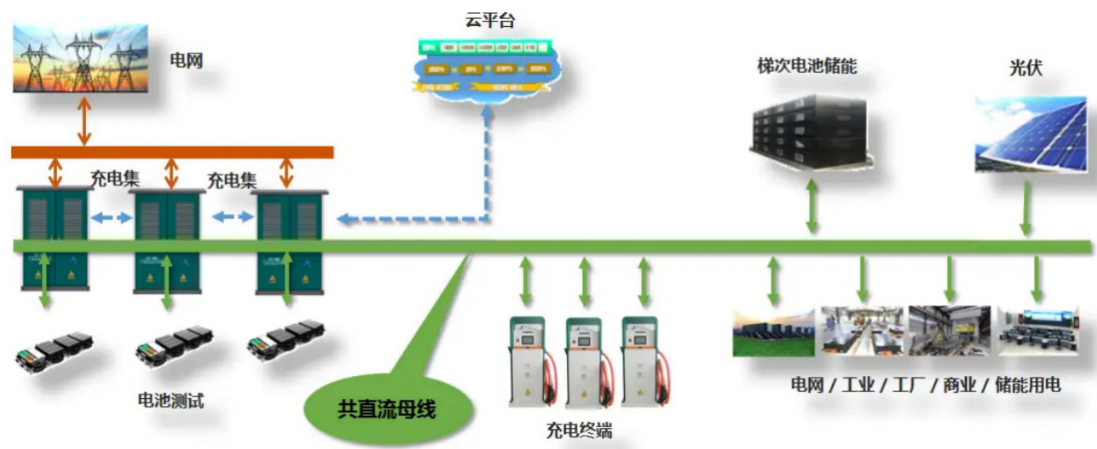


图 1 光储充一体化电站系统总体结构设计示意图

光伏发电系统当中的核心技术，是由高达几十块太阳能电池片与框架、接线盒共同组成的。但由于单个体的太阳能电池无法直接作为电源应用，因此只有对其进行串、并连接和封装才能够组成电源。其工作原理，当太阳光的光能照射在光伏发电电池片的半导体 p-n 结构上，电池片中的半导体就会形成一个新的空穴电子对，并在其电场作用之下，接通 n 区到 p 区的电路，并形成电流。简单来说，就是将太阳能转换成电能，并输送到蓄电池区域存储起来。该光伏组件当中常用的太阳能电池板中所应用的电池片技术有 4 种类型：晶体硅光伏组件技术、单晶硅光伏组件技术以及一种掺入“硼”的硅片的 P 型光伏组件；掺入“磷或者砷”元素的 N 型光伏组件，其组件的转换效率约为 21.1%~22.5%，且该两种组件在 2023 年已经完成量产^[4]。

3.2 整流器设计

整流器是电力系统中的重要组成部分，其设计需要充分考虑模块化、高效能和稳定性。在本次设计中，选择利用隔离式变压器与交流电网进行接入，用电气隔离的方式隔离直流母线与交流电网，确保系统的安全与稳定。核心的变流器模块是设计的重点。为了满足 100kW 的功率需求，选用了双向式 AC/DC 变流器，通过并联的方式将相关模块和交流侧进行连接。这种设计方式不仅提高了系统的可靠性，还为后续的维护和升级提供了便利。针对变流器模块的设计采用通用性和模块化设计理念，对“1”式三电平逆变拓扑结构进行优化。这种拓扑结构作为整流器的主电路，不仅简化了设计，还提高了系统的稳定性和效率。在滤波器的选择上，选择 LCL 滤波器作为交流侧的滤波元件，同时在直流侧采用 CL 滤波器设计。这种组合可以有效降低电流和电压的纹波，提升电能的纯净度，为后续的电能量利用提供优质的保障。在整流器的实际运行中，当它处于充电模式时，“1”式三电平变流器

可以将电网侧的交流电高效地转换为直流电，并直接为储能系统和汽车提供电能供给。放电模式下，变流器还可以将直流电转换成交流电，并回馈到电网中。满载情况下，整流器可以在极短的时间内完成从放电到充电，或从充电到放电的快速转换^[5]。

3.3 储能系统设计

储能技术是光储充一体化电站的重要组成部分，其作用是储存多余的电能，并在需要时释放出来。从储能系统方面来看，该模块的设计主要由四个部分组成：电池组与 BMS（电池管理系统）、PCS（储能变流器）、能量管理系统（EMS）、并网电压需求进行配置对应的升压变压器，具体系统设计如图 2 所示。其中，储能变流器（PCS）是实现能量双向转换的核心设备，具有远程控制和自控能力。它可以支撑电网安全稳定运行，还能够为光储充放检一体化电站提供抗短时冲击功能、平滑供电功能、储能功能以及削峰填谷等调节保护功能。监控调度管理模块则是由 MGCC 和 EMS 等两个部分组成，也就是中央控制系统和能量管理系统，起到对储能系统的实时监控、调度与管理等作用。

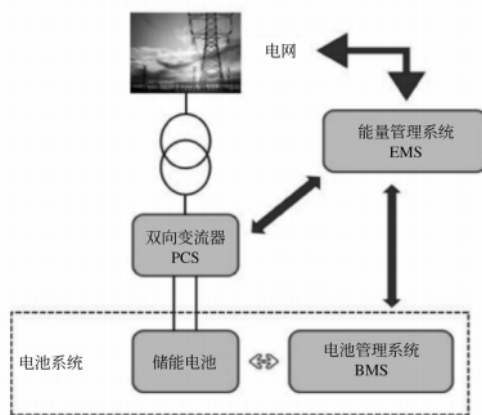


图 2 储能系统架构设计框图

当储能系统为放电状态时，Buck 和 Boost 双向变换电路均会在 Boost 工作模式下继续运行。这种配

置确保了高效的能量传输，并增强了系统的稳定性。为了保护储能装置，采用恒压限流放电方式，通过实时监测储能装置的端电压，可以避免出现过放现象，确保其长期稳定运行。在放电控制方面，采用双闭环控制策略，解决储能系统发生过度放电的情况。外环的电压环主要负责母线电压的稳定，只有这样才能够为用户提供更加稳定和持续的供电服务。并以快速响应的方式确保电流内环出现过放的现象，从而使得系统的安全性得到提升。当出现负载突变时，超级电容的超快响应速度，能够迅速加大电流的输出，而蓄电池则通过限幅器进行较小电流的输出，确保系统的稳定运行。这种协同工作方式，既保证了系统的响应速度，又增强了其稳定性和可靠性。

3.4 充电系统技术

充电技术是光储充一体化电站的重要应用之一。其充电方式主要分为两种：交流充电和直流充电。交流充电适用于家庭和公共场所，充电速度慢，但建设成本低；而直流充电适用于快速充电站，充电速度快，但建设成本高。因此，开发高效、快速、安全的充电技术是当前研究的重点。

3.5 电池检测系统设计

电池检测系统是光储充检放一体化充电站的核心部分之一，它的主要任务是实时监测各电池的温度、电压等关键信息，确保电池的安全运行和稳定供电。在设计这一系统时，充分考虑光储充检放一体化充电站中电池的数量，以实现精确、高效的监测。为了全面覆盖所有电池，根据每簇电池的数量设置了相应的电池检测单元。通常，在每簇电池内，会部署 18 个电池检测单元，确保每个电池都能得到实时的监测。这种设置方式不仅提高了监测的精度，还极大增强了系统的可靠性，确保电池管理系统与电池检测单元两者之间的稳定通信。这种通信方式使得管理系统能够实时获取电池的运行数据，包括温度、电压等信息。

通过这些数据，管理系统可以动态化地对电池组的运行情况进行全面监测，及时发现潜在的问题或故障，采取对应解决措施或者进行预警、修复。实现对电池全方位的监测，确保其安全、稳定地运行，为新能源汽车提供持续、可靠的能源支持。

3.6 直流和交流耦合技术

在光储充一体化电站中，耦合技术是一个关键环节，它决定了光伏系统和储能系统之间的连接方式和能量传递效率，根据光伏系统和储能系统的技术特点进行选择和应用。目前，直流耦合技术和交流耦合技术是电站当中的两种主要适配技术。首先，从直流耦合技术方面进行分析，光伏组件中输出的直流电会直接经过汇流箱，在完成汇集之后，通过直流变流器（PDS）直接和储能变流器（PCS）实现连接。与此同时，PCS 也直接连接电池。并且，在储能交流器的控制下，光伏的直流电能够直接被用于对蓄电池的充电，或者将其转换成交流电为超级充电桩提供支持。光伏直流电可以直接用于对蓄电池进行充电，避免先转换成交流电再充电的能量损失，因此具有更高的系统效率和能量利用率。其次，从交流耦合技术方面分析来看，该技术能够将光伏组件输出的直流电通过逆变器转换成交流电，并利用储能变流器将蓄电池输出的直流电转换成交流电。由此可见，这两种交流电汇流之后，均可以为充电桩提供供给服务。但与直流耦合技术相比，它需要进行交流 / 直流的转换，因此系统能量损失较大，效率也相对较低。综合分析来看，直流耦合技术在光储充一体化电站中的应用更具优势。由于光伏直流电可以直接对蓄电池进行充电，避免了交流 / 直流转换的能量损失，因此系统效率更高。

3.7 能量管理系统

能量管理系统在光储充一体化电站中起到至关重要的作用，这一系统不仅确保电站的稳定运行，提高运行效率，还为电站的调度控制中心提供数据采集、

管理、监视、控制和优化的全面功能。能量管理系统不仅为每个能源控制器设定了功率和电压的设定点，还提供在系统故障情况下进行孤岛运行与重合闸的逻辑与控制方法，进一步增强系统的可靠性和安全性，为一体化电站提供了全面的支持。这样做的目的是满足电站内部的热负荷和电负荷需求，同时确保与主网系统的正常运行协议。通过这样的方式，以最小化能源消耗与系统损耗，实现更高效的能源利用。此外，能量管理系统还具备云平台功能，使得管理人员无论身处何地都能实时监控和控制电站系统，从而更好地了解电站的运行状况。

4 结束语

综上所述，光储充检放一体化电站作为一种新型的能源系统，具有广阔的应用前景和市场潜力。然而，要实现光储充一体化电站的广泛应用，还需要在太阳能发电、储能技术和充电技术等方面进行更深入的研究和创新。未来，随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展，光储充一体化电站将在能源领域发挥越来越重要的作用。具体而言，以下方向值得深入研究：一是提高光电转换效率和稳定性；二是降低储

能设备的成本和安全隐患；三是开发高效、快速、安全的充电技术。通过这些研究，有望推动光储充一体化电站的广泛应用和发展。

参考文献

- [1] 黎耀华，贾卫歌. 光储充一体化充电站系统研究[J]. 机械工程与自动化，2023（1）：224-226.
- [2] 邢雅贤，谢志辉，刘恋. 新桥光储充一体化充电站能量管理策略的研究和应用[J]. 电力与能源，2023，44（1）：10-14.
- [3] 李德胜，刘博，冯守望，等. 光储充放一体化发展分析[J]. 建设科技，2023（15）：35-38.
- [4] 陈英塘. 光储充一体化电站建设关键技术研究[J]. 光源与照明，2023（1）：112-114.
- [5] 许立，纪锦超，冯桂贤. 新能源光储充一体化电站建设关键技术研究分析[J]. 应用能源技术，2022（12）：52-55.

（收稿日期：2024-01-10）