

# 光储充一体化的系统集成

## System Integration of optical storage and filling

李红兵, 刘辉, 陈晖

广东大比特网络科技有限公司 广州 510660

**摘要:** 光储充一体化电站将光伏、储能和充电站结合建设, 光伏有峰有谷, 采用光储充一体化的模式, 既能有效减少光能浪费, 也可使得电动汽车充电更加环保。本文对光伏、储能和充电桩一体化建设的系统构成、设备选型、能量管理系统等方面进行了综述。

**关键词:** 光储充, 一体化, 充电桩, 系统集成

### 1 引言

大家都知道光储充第一个是光, 光指的是光伏发电。储就是用来储能的, 充电其实是一个用电设备, 它们有很好的结合优势, 一个负责发电, 一个负责储电, 一个负责充电, 这是先天性的优势。光储充中, 光伏可以发挥作用就是发电功能, 这个发电功能需要一个场地, 一般像公共场地, 有停车场上面建车棚, 利用现有工业园区屋顶装光伏解决发电问题, 光伏发电有间歇性, 白天发电晚上可能就发不了电, 这时我们需要配套储能设施做调节作用。而且储能调节作用是非常关键的。

另外还有充电, 如果把光伏建设场地, 有大的车棚或者工业园区建的一些场地, 充电桩建设用地问题其实也同步解决了。光储充一体化可以解决在有限土地资源里面, 同时把配电网问题也解决了, 光伏跟储能结合起来之后, 其实它另外一个作用就是可以, 相当于新增加了配电网容量, 对电网来说非常友好, 电网公司希望你这么做。从投资者角度来说, 找电网公司, 因为充电桩要扩容, 这个成本是非常高的, 通过光能和储能结合就能够很好解决这个问题。

### 2 光 - 储 - 充分别面临的问题和挑战

(1) 光伏发电近年发展迅速, 特别是分布式光伏由于行业普及和政策引导, 得到了高速发展, 分布式光伏2021年装机29.28 GW, 到达顶峰。随着光伏装机容量逐步走高, 光伏高渗透率的能源结构以及光伏发电的不稳定性对现有电网造成了严峻考验, 同时光伏项目需求的高补贴受到项目收益和补贴政策非常重要的影响。所以今后

的分布式光伏的发展, 必然是更低的成本和更加智慧的光伏电站, 并且会在短期内实现去补贴甚至更优于传统电力的度电价格优势。

(2) 储能是解决新能源高渗透率的重要技术之一, 特别是电化学储能。电化学储能是指各种二次电池储能, 目前以锂电池和铅蓄电池为主。由于应用灵活、效率高、技术成熟、响应速度快等优势, 随着风电、光伏等新能源在能源结构中占比不断提升, 电化学储能在峰谷电价套利、新能源并网以及电力系统辅助服务等领域的应用场景正不断被开发并推广开来。但是由于蓄电池成本居高不下, 造成项目投资收益率难以满足, 严重制约了储能市场的发展。项目主要集中在对于储能功能必需的项目场景中, 难以大规模的实施建设发展。

(3) 新能源汽车充电桩由于国家对于新能源汽车的高度重视, 得到了长足的发展。除了土地和运营等问题外, 制约充电桩建设发展的一个主要原因是电力供电, 这也是国家电网可以成为该行业巨头的重要原因之一。对于原有的建设场所和部分新建场所中充电桩建设, 电网容量不足成为制约发展的重要条件, 对于充电桩建设运营企业来说, 很可能因为电网扩容成本极高或者无法扩容使整个项目收益率无法达到而使项目无法实施, 最终导致的是新能源汽车用户充电难, 新能源汽车难以推广的结果, 这是与发展趋势和国家政策导向相悖的。

当前充电桩建设目前遇到问题, (1) 第一土地资源问题, 很多地方有些商场已经建好, 找不到可以建充电桩的地方。(2) 第二问题配电网问题, 电网容量限制, 有一些早期商场, 建设时候根本没有考虑充电桩, 电网容量, 包

括变压器容量都是不够的，这个问题可能是目前来说两个比较重要的环节，影响充电桩建设的困境。当然还有其他一些问题。这两个问题可能在公共停车场，或者商用电站里面问题更突出。光储充一体化也分为家庭和工商业的。

### 3 光储充一体化的提出

目前电动汽车充电站电源单一，主要采用通过配电网供电形式。站内通常设有多个直流充电机。因单台直流充电机的功率较大，单次充电时间较短，这一特点导致充电站在晚间电网负荷低谷时期的利用率较低，而在日间电网负荷高峰时期，若有大量电动汽车同时需要快速充电时，大功率的充电需求将对电网带来短时的负荷冲击。随着充电站建设的大范围开展，这一问题势必会影响电网稳定运行，甚至可能威胁系统安全。

光储充一体化电站将光伏、储能和充电站结合建设，利用电池储能系统吸收晚间负荷低谷时期的电能，对日间负荷高峰时期快充站用电进行支撑，并加以光伏发电系统进行补充，能够有效平衡快充站的负荷峰谷差，提高系统运行效率，减少负荷高峰时期的电力系统资源占用，从而达到优化运行方式，提高运行经济性的目的。

### 4 光储充一体化系统结构

光储充一体化电站系统主要包含供配电系统、充电系统、光伏系统、储能系统和监控系统等。充电系统、光伏系统和储能系统连接 0.4 kV 母线，系统结构如图 1 所示。

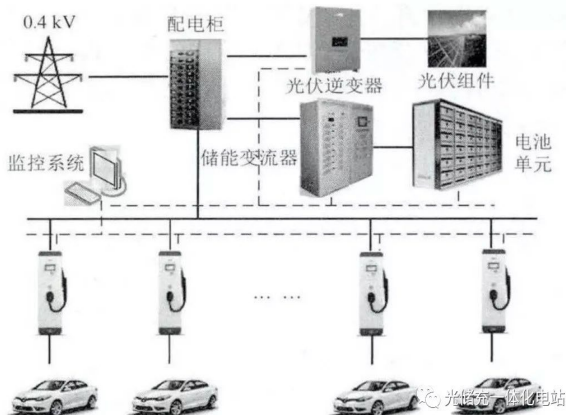


图 1 光储充一体化电站的系统结构

#### (1) 供配电系统

供配电系统主要为充电设备提供电源，主要由一次设备（包括开关、变压器及线路等）和二次设备（包括监测、保护和控制装置等）组成。

供配电系统结构图如图 2 所示。



图 2 供配电系统结构图

#### (2) 充电系统

充电系统是整个充电站的核心部分，与电动汽车连接，为其提供电源，主要为充电桩，主要为电动汽车动力电池系统安全自动地充电，主要包括充电机、计费装置等。

充电系统结构图如图 3 所示。



图 3 充电系统结构图

#### (3) 光伏系统

光伏系统安装于站内屋顶、雨棚顶部，主要由光伏电池板组件、组串式逆变器等设备组成，光伏发电系统接入站内低压 0.4 kV 母线，是光储充一体化电站的发电端，供站用电负荷。在能量富裕的情况下，也可将能量送至储能系统。

光伏系统结构图如图 4 所示。

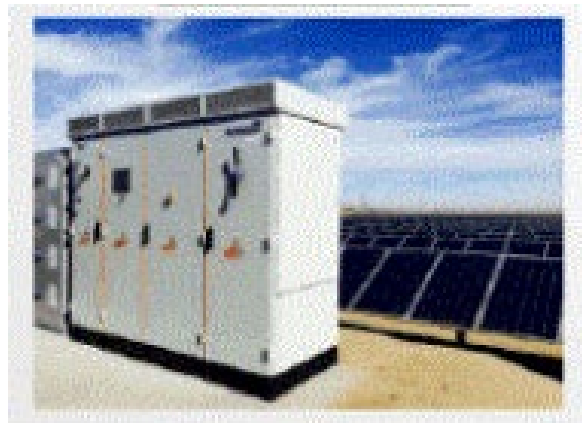


图 4 光伏系统结构图

(4) 储能系统

储能系统由电池系统和控制系统组成。储能系统包含储能变流器和电池系统，在夜间用电低谷时、负荷较小时吸收富裕电能，将低价电能存入储能电池；白天用电高峰时、负荷较高时可进行放电，将电能送入充电站内 0.4 kV 母线，高峰负荷提供电源，为电动汽车充电。

储能系统结构图如图 5 所示。



图 5 储能系统结构图

(5) 监控系统

监控系统主要提供开放、简便的读取和备份数据的方式，存储设备运行的监测数据。

监控系统能对充电站进行监控、测量，可以根据负荷情况调整充电站运行方式。

监控系统结构图如图 6 所示。



图 6 监控系统结构图

5 光储充一体化电站选型

5.1 储能电池选型

目前，常用的电池有铅酸、锌锰、镍镉、锂离子等电池，但技术成熟且应用较为广泛的主要有锂电池、钠硫电池和全钒液流电池三类。这三类电池主要技术对比情况如表 1 所示。

表 1 锂电池、钠硫电池和全钒液流电池技术对比表

项目	锂电池	钠硫电池	全钒液流电池
交流充放电效率 (%)	90	75	65
循环寿命 (100% DOD)	7000	800	100000 以上
目前成本 (元 / kWh)	3500	4300	4875
工作条件 (°C)	常温常压	300~350	常温常压
安全性	中、有爆炸隐患	高，钠、硫直接反应将发生爆炸	低，不爆炸
倍率特性	可高倍率放电	可高倍率放电	倍率特性不佳
能量型应用	**	****	****
功率型应用	****	****	****

而储能电池的制造成本是制约光储充一体电站的主要原因，但是随着储能电池发展，电池成本可进一步降低，而一体化电站建设的经济性也可逐渐提高。

5.2 光伏组件选型

目前主要应用的光伏电池主要有硅太阳能电池（单晶硅、多晶硅、非晶硅）。

几种市场上常见的硅太阳能电池的品牌型号规格见表 2。

表 2 几种市场上的硅太阳能电池

品牌型号	POLYSUNPS-20M 单晶硅	星火 SF250 单晶硅	我能 WN-230	尚维 SW125M-210W	SUMYOKSYK200-36P 多晶硅	夏普 SY-40-p 多晶硅
输出功率 PM (W)	20	250	230	210	200	40
工作电压 IM (V)	17.6	28.8	28.8	46.6	36	18
工作电流 IM (A)	1.15	8.88	7.88	4.51	5.55	2.22
开路电压 UDC (V)	21.9	36	36	57.9	42.24	19.44
短路电流 I (A)	1.26	9.01	9.4	4.94	6.1	2.4
价格 (元 / 瓦)	5.50	5.90	3.50	5.90	6.50	7.00
外形尺寸 (mm)	480×357×25	1635×991×50	1640×990×35	1580×1069×40	1650×992×35	868×546×35
重量 (kg)	2.1	18	18	20	18	3



## 5.3 充电桩选型

目前常用的充电桩有直流充电桩和交流充电桩两类，交流充电桩输出功率较小，一般用于小区、商场等对充电的时限要求不高的地区。因其输出电流为交流电，所以电动汽车需要配置直流转换模块。直流充电桩输出功率较大，一般用于公交站场、高速公路服务区等对充电时限要求较高的场所，可直接对车辆进行充电。直流充电桩和交流充电桩的技术对比情况如表 3 所示。

表 3 直流、交流充电桩对比表

项目	直流充电桩	交流充电桩
输入	三相四线 AC 380V 15%；频率 50Hz。	交流电网 220V。
输出	持续可调直流电，最大电压 750V，最大电流 250A。	电压 220V，电流 16A 或 32A。
充电时长	1 小时。	6~7 小时。
优点	电机功率较大、输出电流、电压变化范围较宽，满足紧急情况充电需求。	成本低，有利于电池寿命。
缺点	成本高，对技术和安全性要求高，降低电池寿命。	充电时间长，不能满足紧急情况的需求。
建站成本	变压器、调压装置等费用高昂。	成本较为低廉。
特征	快充电站的建设占地面积较大；对配电要求较高。	对电网的冲击及配电扩容的要求低；占地面积小，布点方便。

## 6 能量管理系统

(1) 在光储充电站中，储能电池往往由几十串甚至几百串以上的电池组构成。由于电池在生产过程和使用过程中，会造成电池内阻、电压、容量等参数的不一致。这种差异表现为电池组充满或放完时串联电芯之间的电压不相同，或能量的不相同。这种情况会导致部分过充，而在放电过程中电压过低的电芯有可能被过放，从而使电池组的离散性明显增加，使用时更容易发生过充和过放现象，整体容量急剧下降，整个电池组表现出来的容量为电池组中性能最差的电池芯的容量，最终导致电池组提前失效。

因此，对于磷酸铁锂电池电池组而言，均衡保护电路是必须的。当然，锂电池的电池管理系统不仅仅是电池的均衡保护，还有更多的要求以保证锂电池储能系统稳定可靠的运行。

(2) 能量管理系统 (PCS) 实现对电池充放电的控制，满足储能系统并网要求。研究多目标的变流器控制策略，

一方面精确控制充放电过程中的电压、电流，确保电池组高效充放电；另一方面根据调度指令，进行双向平滑切换运行，实现有功、无功独立控制。另外，在电网故障条件下，研究多储能 PCS 单元的协调控制，实现对局部电网的安全运行。智能组件将 PCS 需要上传的开关量、模拟量、非电量、运行信息等转换为 IEC 61850 协议通过以太网上传给监控系统，同时将监控系统下发的模式切换命令及定值设定转发给 PCS。

### 6.1 单体电池电压均衡功能

此功能是为了修正串联电池组中由于电池单体自身工艺差异引起的电压、或能量的离散性，避免个别单体电池因过充或过放而导致电池性能变差甚至损坏情况的发生，使得所有个体电池电压差异都在一定的合理范围内。要求各节电池之间误差小于  $\pm 30$  mV(电动汽车刚刚突破这个瓶颈)。

### 6.2 电池组保护功能

单体电池过压、欠压、过温报警，电池组过充、过放、过流报警保护，切断等。

### 6.3 采集的数据

(1) 采集的数据主要有：

单体电池电压、单体电池温度(实际为每个电池模块的温度)、组端电压、充放电电流，计算得到蓄电池内阻。

(2) 通讯接口：采用数字化通讯协议 IEC 61850。在储能电站系统中，需要和调度监控系统进行通讯，上送数据和执行指令。

### 6.4 诊断功能

BMS 应具有电池性能的分析诊断功能，能根据实时测量蓄电池模块电压、充放电电流、温度和单体电池端电压、计算得到的电池内阻等参数，通过分析诊断模型，得出单体电池当前容量或剩余容量 (SOC) 的诊断，单体电池健康状态 (SOH) 的诊断、电池组状态评估，以及在放电时当前状态下可持续放电时间的估算。

根据电动汽车相关标准的要求《JB/T 11137-2011 锂离子蓄电池总成通用要求》(目前储能电站无相关标准)，对剩余容量 (SOC) 的诊断精度为 5%，对健康状态 (SOH) 的诊断精度为 8%。

### 6.5 热管理

锂电池模块在充电过程中，将产生大量的热能，使整个电池模块的温度上升，因而，BMS 应具有热管理的功能。

## 6.6 故障诊断和容错

### (1) 故障诊断告警

若遇异常, BMS 应给出故障诊断告警信号, 通过监控网络发送给上层控制系统。对储能电池组每串电池进行实时监控, 通过电压、电流等参数的监测分析, 计算内阻及电压的变化率, 以及参考相对温升等综合办法, 即时检查电池组中是否有某些已坏不能再用的或可能很快会坏的电池, 判断故障电池及定位, 给出告警信号, 并对这些电池采取适当处理措施。

当故障积累到一定程度, 而可能出现或开始出现恶性事故时, 给出重要告警信号输出、并切断充放电回路母线或者支路电池堆, 从而避免恶性事故发生。

### (2) 容错技术

采用储能电池的容错技术, 如电池旁路或能量转移等技术, 当某一单体电池发生故障时, 以避免对整组电池运行产生影响。

### (3) 自检功能

管理系统对系统自身软硬件具有自检功能, 即使器件损坏, 也不会影响电池安全。确保不会因管理系统故障导致储能系统发生故障, 甚至导致电池损坏或发生恶性事故。

## 6.7 其它保护技术

对于电池的过压、欠压、过流等故障情况, 采取了切断回路的方式进行保护。对瞬间的短路的过流状态, 过流保护的延时时间一般至少要几百微秒至毫秒, 而短路保护的延时时间是微秒级的, 几乎是短路的瞬间就切断了回路, 可以避免短路对电池带来的巨大损伤。

在母线回路中一般采用快速熔断器, 在各个电池模块中, 采用高速功率电子器件实现快速切断。

## 6.8 蓄电池在线容量评估 SOC

### (1) 测量剩余电量 SOC

在测量动态内阻和真值电压等基础上, 利用充电特性与放电特性的对应关系, 采用多种模式分段处理办法, 建立数学分析诊断模型, 来测量剩余电量 SOC。分析锂电池的放电特性, 基于积分法采用动态更新电池电量的方法, 考虑电池自放电现象, 对电池的在线电流、电压、放电时间进行测量; 预测和计算电池在不同放电情况下的剩余电量, 并根据电池的使用时间和环境温度对电量预测进行校正, 给出剩余电量 SOC 的预测值。

### (2) 动态更新电池电量

为了解决电池电量变化对测量的影响, 可采用动态更

新电池电量的方法, 即使用上一次所放出的电量作为本次放电的基准电量, 这样随着电池的使用, 电池电量减小体现为基准电量的减小; 同时基准电量还需要根据外界环境温度变化进行相应修正。

## 7 结语

光储充社会价值意义非常大, 主要有三点:

(1) 提高清洁能源利用。基于光储充一体化系统, 减少传统能源的使用, 减少污染气体的排放, 提高清洁能源的利用。

(2) 推动智能化电网的发展, 利用新能源和分布式能源, 改善能源结构, 降低对传统能源的依赖, 推动了智能化电网的发展。

(3) 推动能源互联网的发展, 利用互联网技术, 将光储充等新兴能源融合云计算、大数据、人工智能, 推动了能源互联网的发展。

## 参考文献

- 曹凌捷. 光储充一体化电站建设关键技术研究. 电力与能源, 第38卷第6期, 746~749, 755, 2017年12月
- 解磊, 王建基, 耿敏, 李子凯. 光储充一体化电站建设关键技术研究. 通信电源技术, 2018, 35 (12): 26~27
- 胡海文. 浅谈光储充一体化电站建设方案. 河南电力, 2018年第22期
- 李艳红, 表兴兴. 光储充综合能源系统设计及优化. 华电技术, 第41卷第11期, 2019年11期
- 江亿. 光储充一体化建筑系统: 是电力系统应对能源革命、实现新型用电模式的重要任务之一. 中国科学报, 2020/3/4
- 发展光储充一体化微电网是“十四五”规划的重要举措之一. [https://www.xianjichina.com/news/details\\_241844.html](https://www.xianjichina.com/news/details_241844.html), 2020-12-28
- 光储充一体化系统解决方案. <https://wenku.so.com/d/5767202c1f6e017c925c434c11ab20a3>, 2021-12-09
- 张喆. 光伏储能技术全面分析介绍. [https://news.solarbe.com/201807/05/289924\\_2html](https://news.solarbe.com/201807/05/289924_2html), 2018-07-05