

**基于省级综合能源服务平台的  
储能综合管理系统  
项目立项建议**

## 目 录

|       |                 |    |
|-------|-----------------|----|
| 1     | 研发必要性.....      | 1  |
| 2     | 合作单位.....       | 2  |
| 3     | 项目研发成果.....     | 2  |
| 3.1   | 研发成果.....       | 2  |
| 3.2   | 技术创新与突破.....    | 5  |
| 4     | 市场化前景、效益分析..... | 5  |
| 4.1   | 市场化前景.....      | 5  |
| 4.2   | 效益分析.....       | 6  |
| 5     | 研发内容.....       | 7  |
| 5.1   | 储能业务支撑平台.....   | 8  |
| 5.1.1 | 基础功能.....       | 12 |
| 5.1.2 | 运行监控.....       | 17 |
| 5.1.3 | 运维辅助.....       | 23 |
| 5.1.4 | 运营分析.....       | 26 |
| 5.1.5 | 控制策略.....       | 28 |
| 5.2   | 模块化部署的高级应用..... | 31 |
| 5.2.1 | 电网调峰.....       | 32 |
| 5.2.2 | 需求侧管理响应.....    | 32 |
| 5.2.3 | 储能配置规划.....     | 32 |
| 5.2.4 | 需量管理优化.....     | 33 |
| 5.2.5 | 全生命周期管理.....    | 33 |
| 5.2.6 | 储能电站租赁.....     | 34 |
| 5.2.7 | 一次调频运维.....     | 35 |

|        |                          |    |
|--------|--------------------------|----|
| 5.2.8  | AGC 群控 .....             | 36 |
| 5.2.9  | AVC 群控 .....             | 36 |
| 5.3    | 储能电站端协调控制子系统.....        | 36 |
| 5.3.1  | 系统调峰和备用 .....            | 37 |
| 5.3.2  | 削峰填谷 .....               | 38 |
| 5.3.3  | 需量管理 .....               | 38 |
| 5.3.4  | AGC 响应 .....             | 38 |
| 5.3.5  | 一次调频（快速频率响应） .....       | 39 |
| 5.3.6  | AVC 响应 .....             | 39 |
| 5.3.7  | 本地电压支撑 .....             | 39 |
| 5.3.8  | 稳控执行电站端协调控制子系统 .....     | 39 |
| 5.3.9  | 其它无功响应 .....             | 40 |
| 5.3.10 | 有功无功协调控制 .....           | 40 |
| 5.3.11 | 黑启动电源 .....              | 40 |
| 5.3.12 | 功率平滑控制 .....             | 41 |
| 5.3.13 | 抗“晃电”应用 .....            | 41 |
| 6      | 研发周期：根据各个项目实际情况 .....    | 42 |
| 7      | 研发费用：待定，费用需列出详细清单。 ..... | 46 |

# 1 研发必要性

随着能源变革潮流，国家电网公司积极践行国家能源战略，明确提出在各省开展综合能源服务业务，加速推动能源结构转型，是率先全面建成小康社会的有力支撑，也是电网企业的重要使命。国网江苏省电力有限公司（以下简称“省公司”），以智能电网、大云物移、互动服务为支撑手段，构建综合能源信息化平台，为客户提供多元化的能源综合服务，支撑现代能源综合服务体系建设。

储能作为综合能源服务业务开展的重要抓手，也逐步受到广泛关注。

2019年9月30日江苏省能源局在正式印发了《江苏电力辅助服务（调峰）市场启停交易补充规则》。鼓励各类机组、储能设施和提供综合能源服务的第三方等市场主体积极参与市场运行。2019年12月25日，再次发布了《江苏电力辅助服务（调频）市场交易规则（征求意见稿）》面向社会公开征求意见。鼓励符合条件的储能电站及综合能源服务提供商注册并参与电力调频辅助服务。

2020年1月13日，国家电网公司印发2020年1号文件《国家电网有限公司关于全面深化改革奋力攻坚克难突破的意见》。文件提出不仅要立足综合能源服务、储能等战略性新兴产业，强化技术、管理和商业模式创新，培育增长新动能；还明确要推动完善分时电价政策，建立尖峰负荷避让补偿机制，激励用户主动削峰填谷，降低用户总体用能成本。

从政府政策和国网工作部署中，均肯定了储能发展的重要性，并提出了业务方向。事实上，江苏也确实具备储能发展的优越条件：2010年以来，江苏电网峰谷差呈现加大趋势，年均增长9%以上；尖峰负荷屡创新高，电网调峰面临巨大压力；工业用电峰谷价差是全国最高的省份之一；等等。上述条件均为储能在

江苏电网侧和用户侧的发展奠定了优越的基础。

江苏省综合能源服务公司作为省内综合能源服务的龙头企业，已经初步建立了省级综合能源服务平台，服务于相当数量的终端用户，初步实现了用能监测和能效项目管理需求；同时系统也接入了电网侧及用户侧一定容量的储能电站，具备延伸服务、创新商业模式的基础条件。伴随储能新技术和商业模式的探索与落地，江苏省综合能源服务公司需要基于省级综合能源服务平台的，储能综合管理系统以及配套的储能站端接入子系统，给电网运行方，储能业主方，运维服务方等提供服务。

## 2 合作单位

XX有限公司

## 3 项目研发成果

作为综合能源服务提供商，江苏省综合能源服务公司面临大量储能电站接入和业务集成的需求，面对大量数据接入和服务需求，本项目从不同维度梳理研发需求并总结项目技术创新和突破。

### 3.1 研发成果

从储能电站接入管理、运行管理、运维、交易等各个业务需求出发，需要有一个业务支撑平台；

在电网调度接口、基于各类服务应用的协调控制等应用层面，需要有相应的应用功能模块；

在储能电站侧，需要有支持电站各类接入方式并协调电站提供所需服务应用的协调控制子系统。

所以本项目研发内容包括三个方面：

- 1) 储能业务支撑平台；
- 2) 模块化部署的高级应用；
- 3) 储能电站端协调控制子系统；

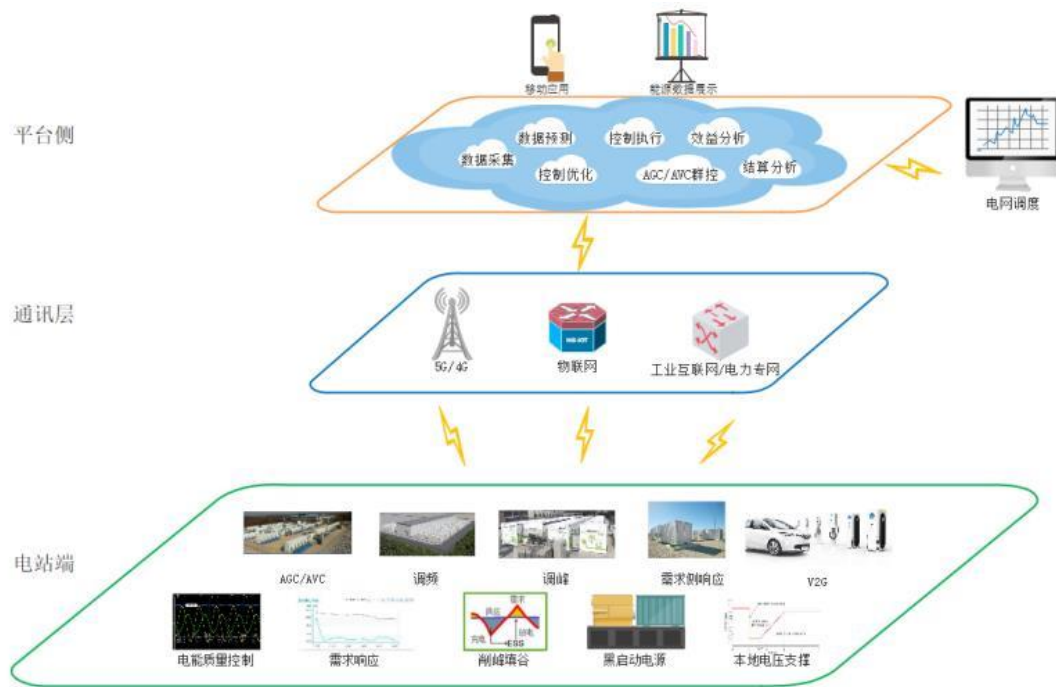


图 3-1 储能综合管理系统结构图

### (1) 储能业务支撑平台

综合管理平台为应用功能部署提供支撑，同时平台提供以下几个方面的基础服务：

#### 1) 用户侧储能数据采集与监控

平台采集各类储能站的运行数据，实时监测储能站系统和设备的运行工况。

#### 2) 用户侧储能运维辅助

平台基于对设备参数，工况数据，环境等数据的分析，对电池，PCS 等设备关键参数实现预警，提供对相关用户的报警，故障等事件通知服务。并跟踪定期检修，故障抢修的处理过程，长期统计不同厂家的设备健康状态。

### 3) 运营分析

基于平台的采集数据以及对数据的分析,提供储能电站的运行效率评估,建议,对标等分析,统计服务,为运营或交易提供数据支持服务。

### 4) 控制策略管理

平台提供各类储能电站控制策略的执行情况监视,方案管理等功能,配合调度进行调频、调峰等辅助服务操作的协控功能,提供参与电力辅助服务的效益分析,收益计算等功能。

## (2) 模块化部署的储能业务应用

- 1) 电网调峰
- 2) 需求侧管理响应
- 3) 储能配置规划
- 4) 需量管理优化
- 5) 储能系统全生命周期管理
- 6) 储能电站租赁
- 7) 一次调频运维
- 8) AGC 群控
- 9) AVC 群控

## (3) 储能电站端协调控制子系统

- 1) 集成测控、通信、控制策略执行和管理功能

储能电站端协调控制子系统,集成了测控、通信、控制策略执行和管理功能,支撑储能管理平台的应用功能并协调运行。

- 2) 分层分级的边缘计算功能

完成子系统内的所有计算、控制功能，分层分级的数据流，使得整体系统更简洁、更优化、更高效。

### 3) 储、源、网、荷多因素协调控制

考虑储能、电源、电网、负荷多个因素协调控制，在满足电网要求的前提下，对储能、电源、负荷进行优化控制。

### 4) 结合长寿命周期考虑的储能响应

在满足总体充放功率的前提下，优化储能电站下的多个储能单元的响应，以达到储能电池的最长寿命周期，降低储能电站投资成本，提高总体收益。

## 3.2 技术创新与突破

- 1、综合规则判断，深度机器学习，无监督学习等多种角度的储能健康状态分析。
- 2、基于用户用能数据的自动储能规划配置推荐。
- 3、基于用户负荷数据学习的智能协调控制策略。

# 4 市场化前景、效益分析

## 4.1 市场化前景

随着技术的进步和成本的降低，储能（电化学储能）行业正经历着爆发式的增长。2017 年是中国发展储能的共识之年，可再生能源加储能已经成为行业公认的趋势，2018 年全球新增投运储能项目的装机规模为 5.5GW，其中电化学储能新增 3.5GW，同比增幅 288%，中国电化学储能新增投运规模 0.6GW，同比增长 414%。2019 全球电化学储能累计装机 8.2GW，中国电化学储能累计装机近 1.6GW，保持了与 2018 年相当的增长势头。

据初步统计，2019 年中国新增的电化学储能的应用分布如下图所示。



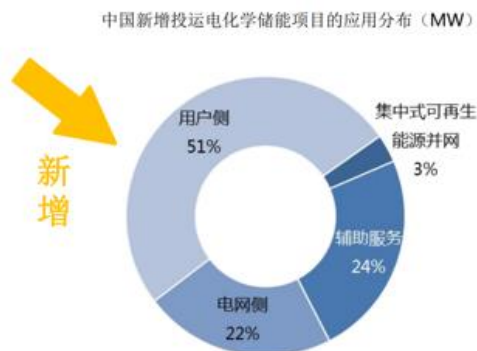


图 2019 中国新增电化学储能应用分布  
(数据来源于中关村储能产业技术联盟)

可以看出，储能在用户侧、电网侧和辅助服务（本处特指电源端）等应用领域都占据了较大的市场份额：

1、用户侧：可参“削峰填谷”应用、提高分布式电源消纳水平和用电需量管理，伴随需求侧响应、用户参与电网 AGC/AVC 等领域的开放，必将迎来更大规模的发展。

2、辅助服务：调频服务。

3、电网侧：电网调峰，未来可能在解决传输容量阻塞、线路电压治理等方面产生更多应用。

#### 4.2 效益分析

储能已经成为综合能源服务的重要组成部分，对于江苏省综合能源服务公司来说，参与储能电站接入，为电网运行、储能电站用户、储能电站运行和维护等市场主体建立一套基础的业务支撑平台，满足数据处理、运行监控、运维辅助、运营分析、辅助交易等业务需求；并逐步开发包括电网调峰、需求侧管理响应、需量管理优化、储能电站租赁等高级应用功能模块，以数字化、大数据分析、和业务模式创新共同驱动储能业务发展，获取收益。

线上业务方面：

✓ 借助负荷端用能数据分析，提供储能电站建设规划、评估与电网接入服

务；

- ✓ 提供储能电站远程运维服务，可衍生备品备件集成、线下运维调度等业务；
- ✓ 管理接入的储能电站，执行“削峰填谷”、“需量管理”等运行策略，辅助用户结算，获取服务收益；
- ✓ 多电站服务代理，集成下辖储能电站，参与电网调峰、需求侧响应等辅助服务，获取服务收益分成；
- ✓ 储能电站资产价值评估，为储能电站流转、交易、融资等提供数据支撑。
- ✓ 远期，待技术路线成熟还可代理集成储能电站参与电网调频等辅助服务，获取服务收益分成；

线下业务方面：

- ✓ 提供线下运维，应急抢修服务；
- ✓ 创新商业模式，提供储能设备/梯次电池租赁（共享储能），为用户提供黑启动电源、短期增容、抗晃电应用等服务，产生服务收益。

当然，上述效益分析基于当前的储能应用技术和可预期的商业模式，伴随储能新技术的发展和新的商业模式涌现必将会产生更多、更新的储能应用方式和收益方式。

## 5 研发内容

本项目研发内容主要包括以下三个方面：

- a) 储能业务支撑平台；
- b) 模块化部署的高级应用；

c) 储能电站端协调控制子系统；

5.1 储能业务支撑平台

表 5.1 储能业务支撑平台内容

| 一级功能 | 二级功能   | 三级功能        | 描述                       |
|------|--------|-------------|--------------------------|
| 基础能力 | 数据采集   |             | 通过华为 OC 平台采集就地储能监控系统上送数据 |
|      | 数据处理   |             | 通过数据转换，数据校验得到可用数据        |
|      | 计算和统计  |             | 自定义计算虚拟测量点，统计数据          |
|      | 数据维护   |             | 维护数据模型的一致性和可用性           |
|      | 数据展示   |             | 曲线报表功能                   |
|      | 多租户管理  |             | 基于权限管理的多租户功能             |
|      | 系统数据接口 | 国网汽车储能云数据接口 |                          |
|      |        | 调度数据接口      |                          |
| 运行监控 | 实时工况监控 | 储能站电气工况图    | 储能站电气工况图                 |
|      |        | 电池堆详细工况图    | 电池堆详细工况图                 |
|      |        | 通讯通断工况图     | 通讯通断工况图                  |
|      |        | 就地系统工况图     | 就地系统工况图                  |
|      |        | 自定义工况图巡检    | 自定义设备巡检过程                |

|  |         |         |                                    |                 |
|--|---------|---------|------------------------------------|-----------------|
|  | 储能视频管理  | 远程视频调阅  | 调阅储能箱视频流                           |                 |
|  |         | 视频巡检    | 通过视频墙巡检储能工况                        |                 |
|  |         | 视频事件联动  | 根据系统告警事件，自动记录视频数据，实现视频记录和告警事件的联动查询 |                 |
|  | 网络拓扑分析  | 动态着色    | 计算电气元件导电情况                         |                 |
|  |         | 负荷分区    | 微网中显示分布式能源，储能系统的供电范围               |                 |
|  |         | 电源追踪    | 寻找电气元件的供电来源                        |                 |
|  | 事件管理    | 历史报警查询  | 根据条件查询告警事件                         |                 |
|  |         | 实时告警推送  | 实时推送告警事件                           |                 |
|  |         | 信息综合分析  | 根据预定义规则推导合成告警事件                    |                 |
|  |         | 事件关联分析  | 挖掘事件关联关系                           |                 |
|  | 综合充放电分析 |         | 提供储能系统运行状态数据总览                     |                 |
|  | 电能质量分析  |         | 分析储能接入微网的电能质量情况                    |                 |
|  | 运维辅助    | 异常充放电分析 | 基于无监督机器学习检测                        | 基于无监督学习方法进线故障检测 |
|  |         |         | 基于人工输入规则的异常                        | 基于自定义规则判断充放电状   |

|          |        |             |                          |
|----------|--------|-------------|--------------------------|
|          |        | 检测          | 况                        |
|          |        | 基于案例的机器学习检测 | 基于样本数据进线机器学习检测           |
|          |        | 故障波形分析      | 用户需要时,可上传并展示故障波形文件       |
| 电池健康状态评估 |        | 基于健康指标评估    | 温度, 电流, 充放电分析            |
|          |        | 电池性能预测      | 基于时序数据预测电池性能预测           |
| 缺陷管理     |        | 缺陷登记        | 人工或算法自动登记系统缺陷            |
|          |        | 缺陷统计        | 根据项目, 类别, 器件, 责任人的缺陷分类统计 |
|          |        | 缺陷处理跟踪      | 消缺处理的流程跟踪                |
| 线下运维支持   |        | 工单管理模块      | 实现维修工单的生成、派发、管理和跟踪       |
|          |        | 维保档案管理      | 查看历史维修记录, 并根据多个维度进行筛选    |
|          |        | 运维人员管理      | 维保人员的增删, 权限控制            |
| 资料管理     |        | 设备台账管理      | 管理设备参数, 铭牌               |
|          |        | 项目图资管理      | 管理项目文档, 图纸, 资料           |
| 运营分析     | 经济效益分析 | 实时经济效益计算    | 计算储能即时经济效益               |
|          |        | 储能经济效益估算    | 估算, 规划中的储能项目效益           |

|         |        |            |                                  |
|---------|--------|------------|----------------------------------|
|         |        | 经济效益差异分析   | 分析经济效益不及预期的原因                    |
|         | 指标管理   | 运营指标定义     | 管理，定义运营指标                        |
|         |        | 运营指标计算     | 实时计算运营指标                         |
|         |        | 运营指标监视     | 展示，监测运营指标                        |
|         |        | 运营指标评价     | 运用指标对标的功能评估运营状态                  |
| 策略执行及反馈 | 控制策略管理 | 控制策略配置计算   | 配置计算合理的用户储能工作策略                  |
|         |        | 控制策略远程参数管理 | 远程校核储能控制单元的运行策略参数                |
|         |        | 控制策略仿真模拟   | 根据假定数据和策略，模拟工况数据                 |
|         |        | 控制策略监视执行   | 实时监控策略执行情况                       |
|         | 辅助服务控制 | 辅助服务报价数据支持 | 查询历史辅助服务数据，报价，盈亏情况               |
|         |        | 用户侧负荷预测    | 估计用户侧负荷情况                        |
|         |        | 参与辅助服务效益分析 | 结合用户用能情况，储能系统配置和估算参与电力辅助服务的预期收益。 |
|         |        | 辅助控制指令分解   | 将调度指令参与电力辅助服务市场，配合调度系统做协控调峰      |

|  |          |  |
|--|----------|--|
|  |          | 服务。  |
|  | 辅助控制指令优化 | 根据预定辅助服务优化策略，将调度指令分解到具体的储能控制单元   |
|  | 辅助控制指令执行 | 实时监控辅助控制指令的执行，对异常事件进线记录，报警   |
|  | 跨安全区数据转发 | 将实时生产区的调度指令转发至信息管理区  |
|  | 辅助交易结果分析 | 根据交易平台回传的交易结算信息，分析省综自身和省综代理的辅助服务参与方的盈亏情况，比较盘前的数据预测，优化数据预测算法，为报价提供数据支持。 |
|  | 内部结算数据支持 | 提供省综和被代理的辅助服务参与方的结算数据支持。   |
|  | 外部结算数据支持 | 根据系统实采的数据，核算交易结算返回数据的偏差。   |

### 5.1.1 基础功能

#### 5.1.1.1 数据采集

目前省综数据中心依托华为 OC 物联网采集平台实现对各地储能系统的通

讯功能。

系统通过在华为 OC 平台定义网关 profile 文件的方式，实现采集上送数据的自描述能力。

通过华为 OC 平台，就地储能监控系统将上传实时工况，控制策略执行情况，系统故障事件，安防环境等信息。

出于简化数据中心日常维护，和更好的监视储能监控系统运行情况的要求。上送数据分为两部分，一部分是生数据，也就是传感器，测控，保护等装置的实时采集数据，这反映的是当地的数据实采情况，另一部分是熟数据，也就是当地储能监控系统实际映射到一次设备上的处理后数据，这反映的是当地储能监控系统控制决策的数据依据。

通过这两种数据采集，既可以检测储能系统的数据处理情况，又可以体现采集数据和一次电气设备之间的关联关系。

#### 5.1.1.2 数据处理

依托省综的数据中心数据处理功能，系统需要实现包括以下种类的数据处理：

数字量 - 包括断路器位置,刀闸位置,事故跳闸总信号, 保护动作信号,设备状态信号；

模拟量 - 包括有功功率、无功功率、功率总加、电流、母线电压、温度、水位量测及系统频率等；

电度量 - 包括正反向峰谷平总；

保护信息 - 定值 测量值 动作信号 保护告警 保护压板 故障报告；

计划值 - 用于电源出力控制，储能充放控制；



事件顺序记录 - 带就地毫秒时标的事件；

录波文件 - 相当于一段时间内高采样频率的采集数据组合。

对于相应的数据，系统要提供以下的数据处理能力：

品质位处理 - 根据上送数据的品质标志，进行相应的数据处理；

信号合成 - 通过已有数据合成虚拟数据；

人工设置 - 通过人工设置固定值的方式，处理采集上的数据异常；

合理性检查 - 通过上下限值，以及电气拓扑对数据进行合理性检查；

工程值转换 - 将采集数据转换为一次数据；

零漂处理 - 已断路线路上的数据进行残差处理；

越线处理 - 根据定义产生数据越线事件；

旁路处理 - 当旁路开关闭合时，进行数据替换；

跳变处理 - 避免不合理的数据跳变；

不变处理 - 数据长时间不变化应产生通知事件。

#### 5.1.1.3 计算和统计

对于数据提供以下的计算内容

根据有功功率、无功功率或者电流、电压值计算视在功率；

根据有功功率、无功功率、电压值计算电流；

根据有功功率、无功功率值计算功率因数；

日负荷峰、谷、最大值、最小值、最大值最小值出现时间和负荷率、合格率计算；

开合次数和运行时间的统计；

基于自定义公式的通用计算。

#### 5.1.1.4 数据维护

系统数据分为三部分

其一位于数据中心的基础数据部分：

该数据区数据会自动和现场实时数据保持一致。

该数据区数据模型由就地储能 EMS 系统上送的模型交换文件导入生成。

该数据区数据模型对应上层业务基本只读。

其二储能子业务专有数据模型部分

该数据区数据和储能子业务密切相关。

该数据区数据由储能子业务自己管理存储。

该数据区数据可以由储能子业务完全控制。

其三储能子业务共享开放的数据

该数据区数据和储能子业务密切相关。

该数据区数据应提供标准接口开发给其他业务。

对以上三块数据，所以系统提供工具保持其兼容和一致。

对于储能子业务专有数据模型，系统提供工具完成数据模型的修改，完整性校验，数据发布，版本管理功能。

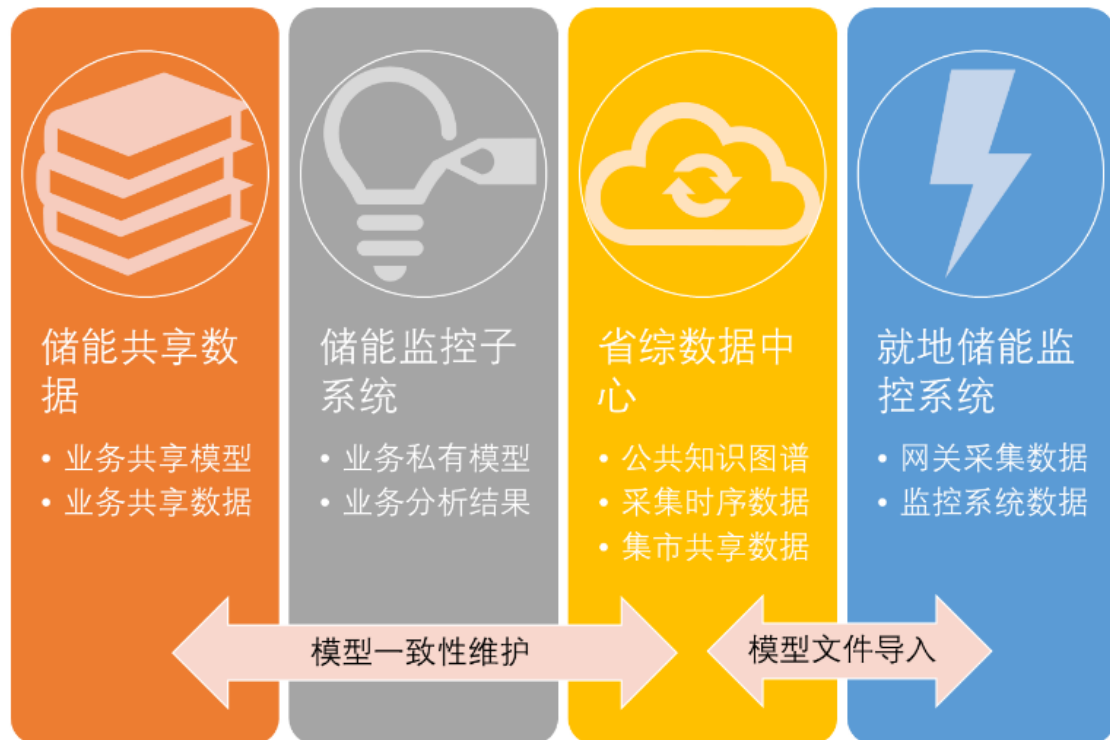


图 5-1 数据维护功能示意图

如上图所示，数据维护工具要对分散在省综数据中心，储能监控子系统，储能共享数据之间维护数据模型的一致性。

#### 5.1.1.5 数据展示

提供基于 HTML5 的可视化数据展示功能。

展示内容包括以下图表：

储能系统电气接线图；

各种关键指标展示图表；

日常曲线，报表功能；

各种数据分析结果；

系统通讯状态图。

提供分布式储能系统需要的各种运行类，管理类报表。

包括以下内容：

充放电，损耗率，站损率日报表；

充放电，损耗率，站损率，运行小时数月报表；

电池模组温度，电流日报表；

用户自定义数据，自定义时段查询报表。

#### 5.1.1.6 多租户应用管理

系统在数据层面，按照项目进行数据分区。各个项目数据之间逻辑隔离，对于项目数据的访问通过租户的权限配置进行控制。对于告警事件，也会在项目之间进行逻辑隔离。

#### 5.1.1.7 系统数据接口

##### (1) 支持和国网汽车公司的储能云数据双向订阅转发

根据规范，转发省综代理的用户侧储能数据给国网汽车的储能云平台。并根据需要和授权，提供访问国网汽车公司的储能云平台的能力。

##### (2) 支持和调度跨安全区的数据双向订阅转发

和省调部署在安全接入区部署的综合能源采集服务器通信，综合能源采集服务器接收省综数据后生成数据文件，通过隔离同步软件发送至信息管理大区文件中转服务器，最后经隔离传输至生产控制大区 D5000 系统 SCADA 服务器。也可以接收综合能源采集服务器回传的调控指令及转发数据。

#### 5.1.2 运行监控

##### 5.1.2.1 实时工况监控

实时工况监测可以实时反映就地储能控制系统的整体情况，相当于储能系统的集中监控中心功能。

##### (1) 储能站电气工况图

显示储能站相关的一次电气接线图，包括储能 PCS，微网，分布式电源等系统工况。

显示微网功率潮流，电气拓扑。

显示负荷，电源，储能，外网等功率曲线。

可在图上查询任意测点的历史曲线，趋势曲线数据。

## （2） 电池堆详细工况图

采用层层递进的方式，显示电池堆内部详细的工况。

显示内容有：

PCS 相关数据，包含功率，可用功率，电流，效率，保护信号；

电池堆相关数据，包含累计充放电功率，累计充放电效率，电池堆自诊断信号；

电池簇相关数据，包含电池簇电池容量 SOC，电池簇电池健康状态 SOH，电池簇最大电流，最高、最低单体电压及其电池编号，累积充放电电量，可充可放电量；

电池模组相关数据，包含电池模组温度；

电池单体相关数据，包含电压。

## （3） 通讯通断工况图

显示就地储能系统的通讯网关对下各装置的通讯通断状态，显示相关保护设备的自诊断信息。

## （4） 就地系统工况图

显示储能就地控制系统的当前运行策略，相关运行策略参数，CPU，内存，磁盘等计算机资源使用情况等信息。

### 5.1.2.2 储能视频管理

储能集装箱一般都内置了摄像头，可以对外提供视频流服务。但是考虑到通信带宽以及存储问题，实现储能视频管理需要云端系统和站端系统配合，降低不必要的视频流传输。

远程视频流调阅：云端系统远程调阅储能箱实时视频流以及站端保存的历史视频数据。

视频巡检：云端可以根据用户自定义界面，组织视频墙，实现定时远程视频巡检功能。

视频事件联动：云端根据事件信息，保存相应视频流片段，并将视频流片段和事件进行关联绑定，以备检索，分析使用。

### 5.1.2.3 网络拓扑分析

网络拓扑主要为储能的分析应用提供网络的计算用母线节点，即拓扑节点。拓扑采用宽度优先搜索方法进行网络遍历，主要分为三个过程：

形成拓扑节点：

从任意的连接节点开始，碰到一个没有搜索过的连接节点则，增加一个逻辑节点，该逻辑节点包含此连接节点。从该连接开始遍历所有能通过闭合的开关刀闸连接起来的连接节点，都属于该逻辑节点，直至没有新的相连连接节点。完成一个逻辑节点搜索后，再从下一个未被搜索过的连接节点起，形成新的逻辑节点。

形成电气岛：

从任意一个发电机的端点所在的逻辑节点开始，通过线路变压器串联电容器电抗器连接在一起的所有逻辑节点合并成一个电气岛。如果有一个发电机的端点

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/348111021143006044>