



中华人民共和国国家标准

GB/T 42737—2023

电化学储能电站调试规程

Code for commissioning of electrochemical energy storage station

2023-12-28 发布

2024-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 总体要求 2

5 分系统调试 3

6 联合调试 18

附录 A (资料性) 调试记录 24

附录 B (资料性) 调试报告 25



前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由全国电力储能标准化技术委员会(SAC/TC 550)归口。

本文件起草单位：国网甘肃省电力公司电力科学研究院、云南电网有限责任公司电力科学研究院、南方电网电力科技股份有限公司、中国电力科学研究院有限公司、国网河南省电力公司、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、国网甘肃省电力公司、广东电网有限责任公司、国网辽宁省电力有限公司、华能新能源股份有限公司、阳光电源股份有限公司、国家电投集团氢能科技发展有限公司、大连融科储能技术发展有限公司、宁德时代新能源科技股份有限公司、中国船舶重工集团公司第七一八研究所、国网甘肃综合能源服务有限公司、西安理工大学、广州智光储能科技有限公司、甘肃省水力发电工程学会。

本文件主要起草人：甄文喜、马喜平、段军红、苏适、陈柏旭、刘敏、钟国斌、杨银国、张景超、许守平、杜荣华、董开松、沈渭程、刘海伟、胡娟、梁俊宇、李生鹏、陈仕彬、赵炜、王晓飞、史雷敏、张雪松、李鹏、刘克权、牛炜、张伟、惠杰、陆秋喻、葛延峰、张旭东、崔力心、张娟、贾嵘、王金宁、陆维、杨晓伟、崔庆芳、荣明林、陶志杰、赵金雄、钱康。



电化学储能电站调试规程

1 范围

本文件规定了电化学储能电站(简称“储能电站”)储能系统、监控系统、变配电系统、继电保护及安全自动装置、通信与调度自动化系统、站用电源等分系统和整站联合调试的调试项目、方法及技术要求。

本文件适用于以锂离子电池、铅酸(炭)电池、钠离子电池、液流电池、水电解制氢/燃料电池为储能载体,新建、改建、扩建的电化学储能电站分系统调试和整站联合调试。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 156 标准电压
- GB/T 1980 标准频率
- GB/T 7261 继电保护和安全自动装置基本试验方法
- GB/T 14285 继电保护和安全自动装置技术规程
- GB/T 19774 水电解制氢系统技术要求
- GB/T 20297 静止无功补偿装置(SVC)现场试验
- GB/T 24554 燃料电池发动机性能试验方法
- GB/T 26862 电力系统同步相量测量装置检测规范
- GB/T 27748.1 固定式燃料电池发电系统 第1部分:安全
- GB/T 27748.4 固定式燃料电池发电系统 第4部分:小型燃料电池发电系统性能试验方法
- GB/T 29838 燃料电池 模块
- GB/T 30137 电能质量 电压暂降与短时中断
- GB/T 33602 电力系统通用服务协议
- GB/T 34120 电化学储能系统储能变流器技术规范
- GB/T 34131 电化学储能电站用锂离子电池管理系统技术规范
- GB/T 34133 储能变流器检测技术规程
- GB/T 34583 加氢站用储氢装置安全技术要求
- GB/T 34872 质子交换膜燃料电池供氢系统技术要求
- GB/T 36276 电力储能用锂离子电池
- GB/T 36547 电化学储能系统接入电网技术规定
- GB/T 36548 电化学储能系统接入电网测试规范
- GB/T 37562 压力型水电解制氢系统技术条件
- GB/T 40595 并网电源一次调频技术规定及试验导则
- GB/T 42288 电化学储能电站安全规程
- GB/T 42726 电化学储能电站监控系统技术规范
- GB/T 43528 电化学储能电池管理通信技术要求
- GB 50029 压缩空气站设计规范

- GB 50034 建筑照明设计标准
- GB 50054 低压配电设计规范
- GB 50147 电气装置安装工程 高压电器施工及验收规范
- GB 50148 电气装置安装工程 电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范
- GB 50149 电气装置安装工程 母线装置施工及验收规范
- GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
- GB 50168 电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准
- GB 50171 电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范
- GB 50172 电气装置安装工程 蓄电池施工及验收规范
- GB 50177 氢气站设计规范
- GB 50233 110 kV~750 kV 架空输电线路施工及验收规范
- GB 50254 电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范
- GB 50582 室外作业场地照明设计标准
- DL/T 317 继电保护设备标准化设计规范
- DL/T 516 电力调度自动化运行管理规程
- DL/T 527 继电保护及控制装置电源模块(模件)技术条件
- DL/T 540 气体继电器检验规程
- DL/T 544 电力通信运行管理规程
- DL/T 587 继电保护和安全自动装置运行管理规程
- DL/T 618 气体绝缘金属封闭开关设备现场交接试验规程
- DL/T 687 微机型防止电气误操作系统通用技术条件
- DL/T 860.10 电力自动化通信网络和系统 第 10 部分:一致性测试
- DL/T 995 继电保护和电网安全自动装置检验规程
- DL/T 1101 35 kV~110 kV 变电站自动化系统验收规范
- DL/T 1215.4 链式静止同步补偿器 第 4 部分:现场试验
- DL/T 1379 电力调度数据网设备测试规范
- DL/T 1455 电力系统控制类软件安全性及其测评技术要求
- DL/T 2246.5 电化学储能电站并网运行与控制技术规范 第 5 部分:安全稳定控制
- DL/T 2253 发电厂继电保护及安全自动装置技术监督导则
- DL/T 2528 电力储能基本术语
- DL/T 5003 电力系统调度自动化设计规程
- DL/T 5044 电力工程直流电源系统设计技术规程
- DL/T 5202 电能量计量系统设计规程

3 术语和定义

DL/T 2528 界定的术语和定义适用于本文件。

4 总体要求

- 4.1 储能电站调试包括分系统调试和联合调试,联合调试在分系统调试完成后进行。
- 4.2 储能电站调试应编制调试大纲、调试方案和应急预案。
- 4.3 储能电站涉网调试前应向电网调度机构提出申请,经批准后实施。
- 4.4 储能电站调试工作安全应符合 GB/T 42288 的规定,并应配备临时消防设施和应急物资。

4.5 调试人员应熟悉储能电站设备的工作原理及结构、调试工序、调试质量标准和安全工作规程,能正确使用工器具、仪器仪表和安全防护设备。

4.6 储能电站调试所用工器具、仪器仪表和安全防护设备均应检验校准合格,并在有效期内。

4.7 储能电站调试过程中应进行记录,调试完成后应编制调试报告,调试记录和调试报告内容分别见附录 A 和附录 B。

5 分系统调试

5.1 一般要求

5.1.1 储能电站分系统调试应包括储能系统、监控系统、变配电系统、继电保护及安全自动装置、通信与调度自动化系统、站用电源等调试项目。

5.1.2 储能电站分系统调试应具备以下条件:

- a) 设备安装完毕,接线正确、牢固,编号和标识等清晰正确,规格型号符合设计要求;
- b) 设备的型式试验报告、出厂试验报告、技术说明书、设计文件、施工安装记录和备品备件应齐备;
- c) 现场临时供电设备的电压和频率符合 GB/T 156 和 GB/T 1980 的规定,且容量满足调试要求。

5.1.3 储能电站供暖通风与空气调节系统、消防系统、视频及机房环境监控系统安装完毕,具备调试条件。

5.1.4 储能电站分系统调试前,调试人员应复核设备规格型号、电气接线、基本功能和安全性能。

5.2 储能系统

5.2.1 锂离子电池、铅酸(炭)电池、钠离子电池阵列调试

5.2.1.1 调试条件

电池阵列调试应具备以下条件:

- a) 电池单体、电池模块和电池簇无变形、裂纹及破损,表面干燥、平整无毛刺、无外伤,且标识清晰、正确;
- b) 电池簇相关的设备、零部件及辅助设施外观应无变形及裂纹,电池支架无变形、锈蚀;
- c) 电池单体、电池模块连接牢固,端子极性标识应清晰、正确;
- d) 电池架、电池柜、电池集装箱可靠接地。

5.2.1.2 绝缘电阻

绝缘电阻测试按以下步骤进行:

- a) 断开电池阵列与变流器直流侧开关,确认电池阵列正、负极无短路;
- b) 断开电池阵列正、负极与外部装置的接线,短接或拆除不能承受试验电压的元件;
- c) 确认电池阵列直流母线连通;
- d) 分别检测电池阵列正极与外部裸露可导电部分之间、电池阵列负极与外部裸露可导电部分之间的绝缘电阻,记录检测结果;
- e) 恢复电池阵列正、负极与外部装置接线、短接或拆除的元件。

5.2.1.3 冷却/加热系统

冷却/加热系统调试按以下步骤进行:

- a) 确认冷却/加热系统具备启动运行条件;
- b) 启动冷却/加热系统,确认冷却/加热系统运行正常;
- c) 冷却/加热系统采用风冷方式时,改变制冷、制热温度设定值,确认空调和风扇依据温度设定值的要求正常启停,温控范围满足设计要求;

- d) 冷却/加热系统采用液冷方式时,改变制冷、制热温度设定值,确认液冷机依据温度设定值的要求进入加热或制冷工作模式且运行正常、无漏液现象,温控范围满足设计要求;
- e) 恢复冷却/加热系统初始设置,关闭冷却/加热系统。

5.2.1.4 电池管理系统调试

5.2.1.4.1 绝缘电阻

绝缘电阻测试按以下步骤进行:

- a) 断开电池管理系统电源开关;
- b) 断开电池管理系统与外部接线,短接或拆除不能承受试验电压的元件;
- c) 分别检测电池管理系统与电池相连的采集端子和接地端子之间、通信端子与接地端子之间、供电端子与通信端子之间的绝缘电阻,记录检测结果;
- d) 恢复电池管理系统与外部接线、短接或拆除的元件。

5.2.1.4.2 通信功能

通信功能调试按以下步骤进行:

- a) 断开电池阵列与变流器直流侧开关;
- b) 启动电池管理系统及相关设备,确认通信正常;
- c) 通过信号发生装置发送并接收报文唯一编码或相关指令,确认串口和网口报文以及电池管理系统与监控系统、储能变流器、其他层级电池管理系统、消防系统、供暖通风与空气调节系统等设备通信功能满足 GB/T 43528 的要求;
- d) 清除报文和指令信息,闭合电池阵列与变流器直流侧开关,关闭电池管理系统及相关设备。

5.2.1.4.3 控制功能

控制功能调试按以下步骤进行:

- a) 断开电池阵列与变流器直流侧开关,启动电池管理系统;
- b) 通过信号发生装置向电池管理系统下发控制端口的闭合和断开指令,确认控制端口的闭合和断开状态与指令相一致;
- c) 通过信号发生装置向电池管理系统下发冷却/加热系统的制冷和制热指令,确认冷却/加热系统运行状态与指令相一致;
- d) 清除电池管理系统控制指令信息,闭合电池阵列与变流器直流侧开关,关闭电池管理系统。

5.2.1.4.4 采集功能

采集功能调试按以下步骤进行:

- a) 启动电池管理系统,确认电池管理系统显示正常、无报警;
- b) 分别在充电和放电状态下,读取电池管理系统采集的电池单体电压、电池单体温度、电池模块正负极端子温度、电池簇电压、电池簇电流等参数,确认电池管理系统显示正常,采样精度满足 GB/T 34131 的要求;
- c) 分别在充电和放电状态下,读取电池管理系统采集的电池簇、电池阵列温度测量点数,确认现场实际测量点数与电池管理系统显示相一致;
- d) 关闭电池管理系统。

5.2.1.4.5 电池能量状态和电压极差

电池能量状态和电压极差调试按以下步骤进行:

- a) 启动电池管理系统,确认电池管理系统显示正常、无报警;
- b) 分别在充电和放电状态下,读取电池管理系统电池能量状态、电压极差值,确认结果与

GB/T 34131、GB/T 36276 的要求相一致；

- c) 关闭电池管理系统。

5.2.1.4.6 报警和保护功能

报警和保护功能调试按以下步骤进行：

- a) 断开电池阵列与变流器直流侧开关,启动电池管理系统；
- b) 通过信号模拟装置发送电池管理系统的电压越限、电压偏差越限、簇电流越限、温度越限、簇内电池单体温差越限、绝缘电阻越限、电压采集线异常、温度采集线异常、电池簇充放电回路异常、电池簇间环流状态、通信异常等指令,确认电池管理系统报警和保护功能正常；
- c) 清除电池管理系统故障信号并复位,闭合电池阵列与变流器直流侧开关,关闭电池管理系统。

5.2.2 液流电池阵列调试

5.2.2.1 调试条件

电池阵列调试应具备以下条件：

- a) 电池阵列管路施工完成,管路支架无变形,表面漆层完好,焊接牢固；
- b) 电解液循环系统严密性耐压测试合格,电解液无泄漏；
- c) 电解液灌装完成,电解液灌装体积满足设计要求；
- d) 电池阵列外部所有电气及通信等线缆接线施工完成；
- e) 电池阵列中管路、阀门、电堆、电气设备等连接正确,外观无变形、断裂且标识清晰、正确；
- f) 仪器仪表校验合格证书及安装调试资料齐全,仪表测量、就地显示读数及远传读数正常。

5.2.2.2 绝缘电阻

绝缘电阻测试按以下步骤进行：

- a) 断开电池阵列与变流器直流侧开关,确认电池阵列正、负极无短路；
- b) 断开电池阵列正、负极与外部装置的接线,短接或拆除不能承受试验电压的元件；
- c) 确认电池阵列直流母线连通；
- d) 分别检测电池阵列正极与外部裸露可导电部分之间、电池阵列负极与外部裸露可导电部分之间的绝缘电阻,记录检测结果；
- e) 恢复电池阵列的正、负极与外部装置的接线、短接或拆除的元件。

5.2.2.3 冷却/加热系统

冷却/加热系统调试按以下步骤进行：

- a) 确认冷却/加热系统具备启动运行条件；
- b) 启动冷却/加热系统,确认冷却/加热系统运行正常；
- c) 冷却/加热系统采用风冷方式时,改变制冷、制热温度设定值,确认空调和风扇依据温度设定值的要求正常启停,温控范围满足设计要求；
- d) 冷却/加热系统采用液冷方式时,改变制冷、制热温度设定值,确认液冷机依据温度设定值的要求进入加热或制冷工作模式且运行正常、冷媒管路压力和温控范围满足设计要求；
- e) 恢复冷却/加热系统初始设置,关闭冷却/加热系统。

5.2.2.4 电池管理系统

5.2.2.4.1 绝缘电阻

绝缘电阻测试按以下步骤进行：

- a) 断开电池管理系统电源开关；

- b) 断开电池管理系统与外部接线,短接或拆除不能承受试验电压的元件;
- c) 分别检测电池管理系统与电池相连的采集端子和接地端子之间、通信端子与接地端子之间、供电端子与通信端子之间的绝缘电阻,记录检测结果;
- d) 恢复电池管理系统与外部接线、短接或拆除的元件。

5.2.2.4.2 通信功能

通信功能调试按以下步骤进行:

- a) 断开电池阵列与变流器直流侧开关;
- b) 启动电池管理系统及相关设备,确认通信正常;
- c) 通过信号发生装置发送并接收报文唯一编码或相关指令,确认串口和网口报文以及电池管理系统与监控系统、储能变流器、其他管理层级电池管理系统、消防系统、供暖通风与空气调节系统等设备通信功能满足 GB/T 43528 的要求;
- d) 清除报文和指令信息,闭合电池阵列与变流器直流侧开关,关闭电池管理系统及相关设备。

5.2.2.4.3 控制功能

控制功能调试按以下步骤进行:

- a) 断开电池阵列与变流器直流侧开关,启动电池管理系统;
- b) 通过信号发生装置向电池管理系统下发控制端口的闭合和断开指令,确认控制端口的闭合和断开状态与指令相一致;
- c) 通过信号发生装置向电池管理系统下发冷却/加热系统的制冷和制热指令,确认冷却/加热系统运行状态与指令相一致;
- d) 清除电池管理系统控制指令信息,闭合电池阵列与变流器直流侧开关,关闭电池管理系统。

5.2.2.4.4 采集功能

采集功能调试按以下步骤进行:

- a) 启动电池管理系统,确认电池管理系统显示正常、无报警;
- b) 分别在充电和放电状态下,读取电池管理系统采集的电堆电压、电堆电流、电解液温度、电解液压力、电解液流量、电解液液位状态、泵电流、泵频率和阀门状态等参数,确认电池管理系统显示正常,采样精度满足 GB/T 34131 的要求;
- c) 分别在充电和放电状态下,读取电池管理系统采集的电堆、电池阵列温度测量点数,确认现场实际测量点数与电池管理系统显示相一致;
- d) 关闭电池管理系统。

5.2.2.4.5 电池能量状态和电压极差

电池能量状态和电压极差调试按以下步骤进行:

- a) 启动电池管理系统,检查电池管理系统显示正常、无报警;
- b) 分别在充电和放电状态下,读取电池管理系统电池能量状态、电压极差值,确认结果与 GB/T 34131 的要求相一致;
- c) 关闭电池管理系统。

5.2.2.4.6 报警和保护功能

报警和保护功能调试按以下步骤进行:

- a) 断开电池阵列与变流器直流侧开关,启动电池管理系统;
- b) 通过信号模拟装置发送电池管理系统的电压越限、电压偏差越限、电流越限、温度越限、流量越限、压力越限、液位越限、漏液故障、通信异常等指令,确认电池管理系统报警和保护功能正常;
- c) 清除电池管理系统故障信号并复位,闭合电池阵列与变流器直流侧开关,关闭电池管理系统。

5.2.2.5 电解液循环系统

电解液循环系统调试按以下步骤进行：

- a) 确认所有电动阀门和手动阀门位置及开关状态正确、电解液灌装完成、储能变流器处于停机状态；
- b) 启动电池管理系统，确认电池管理系统运行正常、无报警；
- c) 启动电解液循环系统，通过电池管理系统设定电解液循环泵可运行的最低频率或转速，确认循环泵正常工作，无异响、剧烈震动，系统管路、阀门、电堆无渗漏液，电池阵列流量、压力、温度、泵电流、泵频率检测值满足设计要求，电池管理系统无报警；
- d) 通过电池管理系统逐步增加电解液循环泵频率或转速至设计所允许的最大值，确认循环泵运行正常；
- e) 通过电池管理系统逐步降低电解液循环泵频率或转速至电解液循环泵可运行的最低频率或转速，确认循环泵运行正常；
- f) 下发停机指令，确认循环泵停止工作、电池管理系统无报警。

5.2.3 水电解制氢/燃料电池阵列调试

5.2.3.1 调试条件

电池阵列调试应具备以下条件：

- a) 电池阵列设备安装、管路施工完成；
- b) 电池阵列电气及通信等线缆接线施工完成；
- c) 各部件外观无变形、断裂，且标识清晰、正确；
- d) 仪器仪表校验合格证书及安装调试证书齐全，仪表测量、就地显示读数及远传读数正常；
- e) 供气泵、供水泵、压缩机组、电池管理系统通信正常，供气泵、供水泵、压缩机组启停状态显示正确。

5.2.3.2 接地电阻

接地电阻测试按以下步骤进行：

- a) 断开水电解制氢模块电解电源、燃料电池模块输出端变流器开关；
- b) 断开水电解制氢模块和燃料电池模块控制柜电源开关；
- c) 断开接地干线与接地体的连接点或接地干线上所有接地支线连接；
- d) 分别测试电池阵列金属外壳、金属管道、金属底座或框架与接地端子之间的电阻，确认接地电阻值与 GB 50177 的要求相一致；
- e) 测试燃料电池模块进氢管道与接地端子之间的电阻，确认接地电阻值与 GB/T 34872 的要求相一致；
- f) 分别测试电池阵列管道法兰、阀门连接处跨接线两端的电阻，确认跨接电阻值与 GB/T 37562 的要求相一致；
- g) 闭合水电解制氢模块和燃料电池模块控制柜电源开关；
- h) 闭合水电解制氢模块电解电源、燃料电池模块输出端变流器开关。

5.2.3.3 绝缘电阻

绝缘电阻测试按以下步骤进行：

- a) 调整电解槽制氢模块至备用状态、燃料电池模块至怠速/零功率输出状态；
- b) 断开水电解制氢模块电解电源、燃料电池模块输出端变流器开关；
- c) 启动供水泵，确认模块内部充满冷却水；
- d) 断开水电解制氢模块和燃料电池模块控制柜电源开关；

- e) 测试水电解制氢模块的电解槽集电极对端板的绝缘电阻,确认绝缘电阻值与 GB/T 37562 的要求相一致;
- f) 测试电堆集流体对封装壳体外露金属件、电堆安装框架外露金属表面的绝缘电阻,确认绝缘电阻值与 GB/T 29838 的要求相一致;
- g) 闭合水电解制氢模块和燃料电池模块控制柜电源开关;
- h) 闭合水电解制氢模块电解电源、燃料电池模块输出端变流器开关。

5.2.3.4 冷却系统

冷却系统调试按以下步骤进行:

- a) 确认冷却系统具备启动运行条件;
- b) 启动冷却系统,确认冷却系统运行正常;
- c) 改变冷却水机出口温度设定值,确认冷却塔风机或喷淋系统运行状态变化,且冷却水管路压力和水电解槽及燃料电池运行温度范围满足设计要求;
- d) 恢复冷却系统初始设置,关闭冷却系统。

5.2.3.5 气密性

气密性测试按以下步骤进行。

- a) 调整电解槽制氢模块至备用状态,进行水电解制氢模块气密性及泄漏量测试。关闭电解槽氢气侧出口阀及纯化单元出口阀,将氮气或氦气等惰性气体持续通入电解槽,使电解槽内部压力逐渐升至试验压力,保持压力稳定一定时间,记录保压前后电解槽内部压力值。对于设计工作压力在 10 MPa 及以下的水电解制氢电解槽,水电解制氢模块气密性及泄漏量应与 GB/T 19774 的要求相一致。
- b) 确认水电解制氢模块电解电源、燃料电池模块输出端变流器开关断开,进行储氢模块气密性调试。关闭储氢罐进气阀、出气阀,分段开闭管道控制阀,使用氮气或氦气等惰性气体进行管道、阀组的气密性试验,试验方法和技术要求应与 GB 50177 的要求相一致。
- c) 断开燃料电池模块输出端变流器开关,进行燃料电池模块气密性及泄漏量测试。关闭燃料电池模块排氢阀和空气排气口,使用氮气或氦气等惰性气体进行气密性及泄漏量试验,试验方法和技术要求应与 GB/T 27748.1 的要求相一致。
- d) 闭合水电解制氢模块和燃料电池模块控制柜电源开关。
- e) 闭合水电解制氢模块电解电源、燃料电池模块输出端变流器开关。

5.2.3.6 循环水质

循环水质测试按以下步骤进行:

- a) 调整电解槽制氢模块至备用状态、燃料电池模块至怠速/零功率输出状态;
- b) 断开水电解制氢模块电解电源、燃料电池模块输出端变流器开关;
- c) 闭合水电解制氢模块和燃料电池模块控制柜电源开关;
- d) 启动纯水单元,检测纯水单元出水口处水电导率,确认水电导率与 GB/T 37562 的要求相一致;
- e) 分别连通水电解制氢模块、燃料电池模块供水系统与纯水单元,启动供水泵,检测水电解制氢模块供水入口和循环水入口、燃料电池模块循环水入口等部位循环水电导率,确认水质及排水温度与 GB 50029 的要求相一致;
- f) 调节供水泵转速,检查水电解制氢模块供水入口和循环水入口、燃料电池模块循环水入口等部位的流量监测值,确认压力和流量调节范围满足设计要求;
- g) 调节电解槽供水入口电导率限制设定值低于监测信号值,确认水电解制氢模块发出供水入口水质超标报警并切断水电解制氢模块;
- h) 恢复电解槽供水入口电导率限制初始设置;
- i) 调节循环冷却水电导率限制设定值低于监测信号值,确认水电解制氢模块、燃料电池模块发出

循环水入口水质超标报警并切断水电解制氢模块、燃料电池模块；

- j) 恢复循环冷却水电导率限制初始设置；
- k) 闭合水电解制氢模块和燃料电池模块控制柜电源开关；
- l) 闭合水电解制氢模块电解电源、燃料电池模块输出端变流器开关。

5.2.3.7 系统安全联动功能

系统安全联动功能调试按以下步骤进行：

- a) 水电解制氢模块和燃料电池模块停机，连通控制柜电源，开启紧急切断阀；
- b) 使用氢气浓度不低于 0.8% 的标准气体对准氢泄漏浓度探头少量释放，触发氢浓度报警，确认通风装置启动，紧急切断阀关闭；
- c) 使用氮气对容器及管路进行吹扫置换，确认吹扫后氧含量与 GB/T 19774 的要求相一致；
- d) 通过模拟控制器调节监控的状态参量超过限值范围，确认控制器发出的故障报警、故障码与故障等级相一致，故障后的工作状态与故障代码规定的故障后工作状态相一致；
- e) 模拟低压、高压及通信中断故障，确认备用电源自动投入使用、水电解制氢/燃料电池阵列正常停机；
- f) 开启水电解制氢模块与储氢模块间管道阀门，关闭储氢模块出口阀门，启动水电解制氢模块，水电解制氢模块与储氢模块间安全联动应满足以下要求：
 - 1) 储氢压力超过设置的超压报警值时发出报警；
 - 2) 储氢压力达到最大允许工作压力时，水电解制氢模块自动停机；
 - 3) 储氢压力达到超压泄放装置动作压力时，超压泄放装置的安全阀开启，确认超压泄放装置与 GB/T 34583 的要求相一致；
- g) 开启燃料电池模块与储氢模块间管道阀门，关闭储氢模块入口阀门，启动燃料电池模块，燃料电池模块与储氢模块间安全联动应满足以下要求：
 - 1) 储氢压力低于设置的低压报警值时发出警报；
 - 2) 储氢压力低于燃料电池模块设置的氢气入口压力低限值时连锁燃料电池模块停机；
- h) 闭合水电解制氢模块和燃料电池模块控制柜电源开关；
- i) 闭合水电解制氢模块电解电源、燃料电池模块输出端变流器开关。

5.2.3.8 功率控制功能

5.2.3.8.1 水电解制氢模块功率控制功能

水电解制氢模块功率控制功能调试按以下步骤进行：

- a) 启动水电解制氢模块，在额定功率下连续运行时间应不低于 10 h，确认氢气生产能力、纯度和杂质与 GB/T 19774 的要求相一致；
- b) 调节水电解制氢系统运行功率至最低功率，稳定运行 1 h；
- c) 逐步调节水电解制氢功率上升至额定功率，在最低运行功率至额定功率之间均匀设置至少 4 个功率点，每个功率值稳定运行至少 10 min，确认氢气生产能力、纯度和杂质与 GB/T 19774 的要求相一致，且水电解制氢模块全程不停机；
- d) 逐步调节水电解制氢功率降至最低功率，在额定功率至最低运行功率之间均匀设置至少 4 个功率点，每个功率值保持稳定运行至少 10 min，确认氢气生产能力、纯度和杂质与 GB/T 19774 的要求相一致，且水电解制氢模块全程不停机；
- e) 关闭水电解制氢模块。

5.2.3.8.2 燃料电池模块功率控制功能

燃料电池模块功率控制功能调试按以下步骤进行：

- a) 启动燃料电池模块，在额定功率下连续运行时间不低于 10 h，测量燃料电池模块终端电压、表

面温度、冷却水入口和出口温度、氢气压力、氢气消耗速率、冷却水入口和出口压力、氢气与空气侧压力差等参数,确认测试结果与 GB/T 29838 的要求相一致;

- b) 分别进行起动特性试验、额定功率试验、峰值功率试验、动态响应试验、稳态特性试验,试验方法与技术要求与 GB/T 24554 的要求相一致;
- c) 按照 GB/T 27748.4 规定的方法进行尾气排放测试,确认燃料电池系统排放氢气浓度低于 1%。

5.2.3.9 电池管理系统

5.2.3.9.1 绝缘电阻

绝缘电阻测试按以下步骤进行:

- a) 断开电池管理系统电源开关;
- b) 断开电池管理系统与外部接线,短接或拆除不能承受试验电压的元件;
- c) 分别检测电池管理系统与电池相连的采集端子和接地端子之间、通信端子与接地端子之间、供电端子与通信端子之间的绝缘电阻,记录检测结果;
- d) 恢复电池管理系统与外部接线、短接或拆除的元件。

5.2.3.9.2 通信功能

通信功能调试按以下步骤进行:

- a) 断开电池阵列与变流器直流侧开关;
- b) 启动电池管理系统及相关设备,确认通信正常;
- c) 通过信号发生装置发送并接收报文 ID 或相关指令,确认串口和网口报文以及电池管理系统与监控系统、储能变流器、其他层级电池管理系统、消防系统、供暖通风与空气调节系统等设备通信功能满足 GB/T 43528 的要求;
- d) 清除报文和指令信息,闭合电池阵列与变流器直流侧开关,关闭电池管理系统及相关设备。

5.2.3.9.3 控制功能

控制功能调试按以下步骤进行:

- a) 断开电池阵列与变流器直流侧开关,启动电池管理系统;
- b) 通过信号发生装置向电池管理系统下发所有控制端口的闭合和断开指令,确认控制端口的闭合和断开状态与指令相一致;
- c) 通过信号发生装置向电池管理系统下发冷却/加热系统的制冷和制热指令,确认冷却/加热系统运行状态与指令相一致;
- d) 清除电池管理系统控制指令信息,闭合电池阵列与变流器直流侧开关,关闭电池管理系统。

5.2.3.9.4 采集功能

采集功能调试按以下步骤进行:

- a) 启动电池管理系统,检查电池管理系统显示正常、无报警;
- b) 分别在充电和放电状态下,读取电池管理系统采集电解槽电压、电解槽电流、电解槽温度、冷却水温度、冷却水压力、制氢系统氢气出口压力、电解液循环流量、氢中氧浓度、氧中氢浓度、氢中微氧含量、氢气露点、燃料电池电压、燃料电池电流、燃料电池温度、燃料电池入口氢气压力、储氢系统压力、供氢管道氢气流量、环境氢气浓度等参数,确认电池管理系统显示正常,采样精度满足 GB/T 34131 的要求;
- c) 分别在充电和放电状态下,读取电池管理系统采集的电池簇、电池阵列温度测量点数,确认现场实际测量点数与电池管理系统显示相对应;
- d) 关闭电池管理系统。

5.2.3.9.5 电池能量状态和电压极差

电池能量状态和电压极差调试按以下步骤进行：

- a) 启动电池管理系统，确认电池管理系统显示正常、无告报警；
- b) 分别在电池阵列充电和放电状态下，读取电池管理系统电池能量状态、电压极差值，确认结果与 GB/T 34131 的要求相一致；
- c) 关闭电池管理系统。

5.2.3.9.6 报警和保护功能

报警和保护功能调试按以下步骤进行：

- a) 断开电池阵列与变流器直流侧开关，启动电池管理系统；
- b) 通过信号模拟装置发送电压超限、电流超限、温度超限、流量超限、液位超限、压力超限、氢中氧浓度超限、氧中氢浓度超限、环境氢气浓度超限、通信异常等指令，确认电池管理系统报警和保护功能正常；
- c) 清除电池管理系统故障信号并复位，闭合电池阵列与变流器直流侧开关，关闭电池管理系统。



5.2.4 储能变流器调试

5.2.4.1 调试条件

储能变流器调试应具备以下条件：

- a) 储能变流器交直流侧设备、监控系统具备上电条件；
- b) 储能变流器机壳与主接地网连接牢固，接地标识清晰、正确；
- c) 储能变流器外壳防护等级满足设计要求。

5.2.4.2 绝缘电阻

绝缘电阻测试按以下步骤进行：

- a) 断开储能变流器交直流侧开关；
- b) 断开储能变流器与外部接线，断开压敏电阻、防雷器等过电压保护器件；
- c) 按照 GB/T 34133 规定的方法，分别施加不同试验电压，测试储能变流器各独立电路与外露的可导电部分之间、各独立电路之间的绝缘电阻，记录检测值；
- d) 恢复储能变流器与外部接线、短接或断开的元件。

5.2.4.3 保护功能

保护功能调试按以下步骤进行：

- a) 启动储能变流器，确认储能变流器控制面板和指示灯显示正常；
- b) 确认储能变流器控制逻辑和保护参数设置满足并网及设备本体保护技术要求；
- c) 分别在充电和放电状态下，模拟电网过/欠压、过/欠频等故障，确认储能变流器报警功能和保护动作正确；
- d) 清除模拟故障信号并复位，关闭储能变流器。

5.2.4.4 通信功能

通信功能调试按以下步骤进行：

- a) 启动储能变流器；
- b) 将储能变流器通信接口连接至通信调试终端；
- c) 通过通信调试终端设置储能变流器为远程控制模式，读取电池管理系统电池单体、电池模块、电池簇状态信息，确认状态信息显示正常且满足设计要求；

- d) 断开储能变流器和电池管理系统通信连接,记录储能变流器通信故障报警信息;
- e) 恢复储能变流器和电池管理系统通信连接,确认储能变流器报警信号消失;
- f) 通过储能电站监控系统对储能变流器保护参数、功率指令、开关状态等进行设置,确认通信调试终端显示与储能电站监控系统设置相一致;
- g) 断开储能变流器和储能电站监控系统通信连接,确认储能变流器发出通信故障报警;
- h) 恢复储能变流器和储能电站监控系统通信连接,确认储能变流器报警消失;
- i) 关闭储能变流器。

5.2.4.5 启/停机功能

启/停机功能调试按以下步骤进行:

- a) 闭合储能变流器交直流侧开关,设置储能变流器为并网模式;
- b) 设置储能变流器为就地控制模式,就地启/停储能变流器,确认储能变流器正常启/停机,且监控系统中变流器启停状态显示与实际状态相一致;
- c) 设置储能变流器为远程控制模式,通过监控系统下发启/停机指令,确认储能变流器正常启/停机,且监控系统中变流器启停状态显示与实际状态相一致;
- d) 启动储能变流器,按下急停按钮,确认储能变流器交直流侧开关断开,变流器处于停机状态;
- e) 重新启动储能变流器,确认储能变流器运行正常;
- f) 断开储能变流器交直流侧开关。

5.2.4.6 并/离网模式

并/离网模式切换功能调试按以下步骤进行:

- a) 闭合储能变流器交直流侧开关;
- b) 设置储能变流器为并网模式,确认储能变流器运行模式显示与设置相一致;
- c) 通过监控系统下发变流器启动指令,确认储能变流器启动正常;
- d) 设置储能变流器为离网模式,确认储能变流器运行模式显示与设置相一致;
- e) 设置储能变流器为并网模式,投入防孤岛保护;
- f) 通过断开储能变流器并网开关模拟电网故障,确认储能变流器防孤岛保护动作并报警;
- g) 闭合储能变流器并网开关,确认防孤岛保护报警信号消失;
- h) 断开储能变流器交直流侧开关。

5.2.4.7 充/放电功能

充/放电功能调试按以下步骤进行:

- a) 启动储能变流器,设置储能变流器为并网模式;
- b) 调整储能变流器为充电模式,逐步增加储能变流器充电功率至额定功率,额定充电功率点保持 5 min,确认储能变流器运行稳定、无报警;
- c) 调整储能变流器为放电模式,逐步增加储能变流器放电功率至额定功率,额定放电功率点保持 5 min,确认储能变流器运行稳定、无报警;
- d) 关闭储能变流器。

5.2.5 储能系统并网调试

5.2.5.1 电网适应性

电网适应性调试按以下步骤进行:

- a) 确认储能系统处于并网运行状态;
- b) 断开储能系统、储能变流器并网点开关,将电网模拟装置接入储能系统测试回路;
- c) 闭合储能系统和被调试储能变流器并网开关,对电池阵列进行充电,确认电池阵列能量状态满

足测试要求；

- d) 按照 GB/T 34133 规定的方法分别进行电压适应性、频率适应性和电能质量适应性测试,确认测试结果与 GB/T 34120 的要求相一致；
- e) 拆除电网模拟装置,恢复储能系统运行状态。

5.2.5.2 故障电压穿越功能

故障电压穿越功能调试按以下步骤进行：

- a) 确认储能系统处于并网运行状态,储能变流器具备故障电压穿越功能；
- b) 断开储能系统、储能变流器并网点开关,将故障电压发生装置接入储能系统测试回路；
- c) 闭合储能系统和被调试储能变流器并网开关,对电池阵列进行充电,确认电池阵列能量状态满足测试要求；
- d) 按照 GB/T 34133 规定的方法分别进行低电压、高电压穿越和电压连续故障穿越测试,确认测试与 GB/T 34120 的要求相一致；
- e) 拆除故障电压发生装置,恢复储能系统运行状态。

5.3 监控系统

5.3.1 调试条件

监控系统调试应具备以下条件：

- a) 监控系统数据采集、数据处理、数据存储、事件顺序记录事故追忆、人机接口功能符合 GB/T 42726 的规定；
- b) 时间同步系统对时功能、对时误差满足 GB/T 42726 的要求；
- c) 交流电源电压允许偏差、谐波含量,直流电源电压允许偏差、电压纹波系数满足 GB/T 42726 的要求。

5.3.2 接地电阻

监控系统接地电阻测试按以下步骤进行：

- a) 断开监控系统供电电源；
- b) 断开公共接地点与主接地网之间的连接,测试公共接地点与主接地网之间的接地电阻,确认电阻值满足 GB/T 42726 的要求；
- c) 恢复公共接地点与主接地网之间的连接。

5.3.3 通信功能

5.3.3.1 站内通信

站内通信调试按以下步骤进行：

- a) 确认监控系统通信协议/规约符合 GB/T 42726 的规定；
- b) 启动监控系统及其他系统通信装置；
- c) 模拟监控系统向电池管理系统发送下行信息报文,确认电池管理系统接收到的信息报文与监控系统发送的下行信息报文相一致；
- d) 模拟电池管理系统向监控系统发送上行信息报文,确认监控系统接收到的信息报文与电池管理系统发送的上行信息报文相一致；
- e) 断开电池管理系统与监控系统之间的通信连接,确认报警窗口显示通信故障报警信息、通信故障报警分级符合 GB/T 42726 的规定；
- f) 恢复站内设备与监控系统通信连接,确认报警窗口显示通信恢复信息；
- g) 重复步骤 c)~f),完成监控系统与储能变流器、变配电系统、远动工作站、辅助系统之间的通信调试。

5.3.3.2 远动通信

远动通信调试按以下步骤进行：

- a) 确认远动工作站通信协议/规约符合 GB/T 42726 的规定；
- b) 启动监控系统及远动工作站，确认通信功能正常；
- c) 模拟上级调度端发送下行信息报文至监控系统，确认监控系统接收到的信息报文与上级调度端发送信息报文相一致；
- d) 模拟监控系统向上级调度端发送上行信息报文，确认上级调度端接收到的信息报文与监控系统发送的信息报文相一致；
- e) 对于存在通信网络冗余的系统，断开远动工作站与上级调度端的通信连接，确认监控系统自动切换至冗余通道，报警窗口显示通信故障报警信息；
- f) 恢复通信连接，确认报警窗口显示通信恢复信息；
- g) 断开远动工作站与上级调度端的其他通信连接，重复步骤 c)～f)，分别完成通信、冗余功能调试；
- h) 通过调度端下发有功功率、无功功率等指令至监控系统，确认监控系统接收到的数值与调度端发送的数值相一致，且精度满足要求；
- i) 通过监控系统发送有功功率、无功功率等信号至调度端，确认调度端接收到的数值与监控系统发送的数值相一致，且精度满足要求；
- j) 恢复通信连接、模拟发送的信号至初始状态。

5.3.4 报警功能

报警功能调试按以下步骤进行。

- a) 启动监控系统及相关设备，确认监控系统通信、数据采集功能正常。
- b) 确认监控系统报警功能分级、画面、报警形式等符合 GB/T 42726 的规定。
- c) 通过现地设备或模拟装置触发一级报警动作，确认监控系统发出一级报警信号，并发出停机指令等信号。清除触发报警信号并复位，确认报警状态信息消失。
- d) 通过现地设备或模拟装置触发二级报警动作，确认监控系统发出二级报警信号，并发出降负荷指令等信号。清除触发报警信号并复位，确认报警状态信息消失。
- e) 通过现地设备或模拟装置触发三级报警动作，确认监控系统发出三级报警信号。清除触发报警信号，确认报警状态信息消失。
- f) 分别按照报警等级、设备或数据对象、发生时间、报警事件类型、关键字等条件对历史报警事件进行检索，确认结果与实际一致，且报警事件触发到监控系统推出报警信息的时间与 GB/T 42726 的要求相一致。
- g) 清除故障信号，恢复接线。

5.3.5 控制与调节功能

5.3.5.1 设备控制功能

设备控制功能调试按以下步骤进行：

- a) 启动监控系统及相关设备，确认监控系统通信、数据采集功能正常；
- b) 通过监控系统对开关设备进行开/关操作，使用测试装置记录监控系统下发的设备开/关状态指令信号，确认接收到的设备开/关状态与操作相一致；
- c) 通过监控系统下发调节指令，使用测试装置记录监控系统下发的设备接收到的调节指令信号，确认接收到的设备调节指令与操作相一致；
- d) 重复步骤 b)～c)，完成其他设备控制功能模拟调试；
- e) 恢复设备初始状态。

5.3.5.2 并/离网模式

并/离网调试按以下步骤进行：

- a) 启动监控系统、储能变流器，确认通信功能正常，且设备参数为并网运行参数；
- b) 通过监控系统下发并网开关闭合指令，确认储能电站切换为并网运行模式、参与调试的设备运行正常且无报警和异常等现象；
- c) 通过监控系统下发并网开关断开指令，确认储能电站切换为离网运行模式、参与调试的设备运行正常且无报警和异常等现象；
- d) 通过监控系统下发并网开关闭合指令，确认储能电站切换为并网运行模式、参与调试的设备运行正常且无报警和异常等现象；
- e) 模拟储能电站并网点电压超出储能电站连续运行的范围，确认储能电站并网开关断开，且储能电站处于离网模式；
- f) 恢复储能电站并网点电压；
- g) 模拟储能电站并网点频率超出储能电站连续运行的范围，确认储能电站并网开关断开，且储能电站处于离网模式；
- h) 恢复储能电站并网点频率；
- i) 恢复继电器触点或强制信号，关闭储能变流器。

5.3.5.3 自动发电控制(AGC)功能

AGC 功能调试按以下步骤进行：

- a) 启动监控系统及相关设备，确认通信功能正常；
- b) 短接并网开关继电器触点或强制并网信号，模拟储能电站处于并网状态；
- c) 调整 AGC 控制模式为现地控制、AGC 控制方式为自动控制；
- d) 模拟并网点实际有功功率信号，通过监控系统下发有功功率设定值，确认监控系统输出增(有功功率低于目标值)/减(有功功率高于目标值)有功功率指令，且有功功率指令变化量和分配至各储能变流器的指令正确；
- e) 调整 AGC 控制模式为远程控制；
- f) 模拟调度端下发有功功率设定值，确认监控系统输出增(有功功率低于目标值)/减(有功功率高于目标值)有功功率指令，且有功功率指令变化量和分配至各储能变流器的指令正确；
- g) 模拟调度端下发有功功率计划曲线，确认监控系统接收到的计划曲线与调度端下发相一致；
- h) 恢复继电器触点或强制信号、控制层级设置。

5.3.5.4 自动电压控制(AVC)功能

AVC 功能调试按以下步骤进行。

- a) 启动监控系统、储能变流器，确认通信功能正常。
- b) 短接并网开关继电器触点或强制并网信号，模拟储能电站处于并网状态。
- c) 调整 AVC 控制模式为现地控制、AVC 控制方式为自动控制。
- d) 调整 AVC 运行模式至电压控制模式，通过监控系统下发电压设定值，确认无功功率控制功能满足以下要求：
 - 1) 电压目标值在并网点电压调节死区范围内，监控系统输出指令不变化；
 - 2) 电压目标值超过并网点电压调节死区范围，监控系统输出增(实际电压低于目标值)/减(实际电压高于目标值)无功功率指令，且无功功率指令变化量和分配至各储能变流器的指令正确。
- e) 调整 AVC 运行模式至无功功率控制模式，模拟并网点实际无功功率信号，通过监控系统下发无功功率设定值，确认无功功率控制功能满足以下要求：
 - 1) 无功功率目标值在无功功率调节死区范围内，监控系统输出指令不变化；

- 2) 无功功率目标值超过无功功率调节死区范围,监控系统输出增(无功功率低于目标值)/减(无功功率高于目标值)无功功率指令,且无功功率指令变化量和分配至各储能变流器的指令正确。
- f) 调整 AVC 控制模式为远程控制。
- g) 调整 AVC 运行模式至电压控制模式,模拟调度端下发电压设定值,确认无功功率控制功能与步骤 d)的要求相一致。
- h) 调整 AVC 运行模式至无功功率控制模式,模拟调度端下发无功功率设定值,确认无功功率控制功能与步骤 e)的要求相一致。
- i) 恢复继电器触点或强制信号、电压/无功功率信号。

5.3.5.5 调频模式

调频模式调试按以下步骤进行:

- a) 启动监控系统、储能变流器,确认通信功能正常;
- b) 短接并网开关继电器触点或强制并网信号,模拟储能电站处于并网状态;
- c) 投入储能电站一次调频功能,调整储能电站为充电模式;
- d) 通过模拟信号发生器模拟储能电站并网点频率信号在调频死区范围内变化,确认监控系统输出有功功率指令保持不变;
- e) 通过模拟信号发生器模拟储能电站并网点频率信号在调频死区范围外变化,确认监控系统输出有功功率指令根据频率扰动信号的大小和方向规律变化,且变化量和分配至各储能变流器的指令正确;
- f) 调整储能电站为放电模式;
- g) 重复步骤 d)~e),完成放电模式下的调频功能调试;
- h) 恢复继电器触点或强制信号,关闭储能变流器。

5.3.5.6 紧急功率支撑模式

紧急功率支撑模式调试按以下步骤进行:

- a) 启动监控系统、储能变流器,确认通信功能正常;
- b) 短接并网开关继电器触点或强制并网信号,模拟储能电站处于并网状态;
- c) 调整储能电站为充电模式,模拟稳控装置或调度系统发送紧急功率支撑指令,确认储能电站切换至放电模式,监控系统输出功率指令正确;
- d) 调整储能电站为放电模式,模拟稳控装置或调度系统发送紧急功率支撑指令,确认系统输出功率指令正确;
- e) 清除紧急功率支撑指令,恢复继电器触点或强制信号,关闭储能变流器。

5.3.5.7 平滑功率输出模式

平滑功率输出功能调试按以下步骤进行:

- a) 启动监控系统、储能变流器,确认通信功能正常;
- b) 短接并网开关继电器触点或强制并网信号,模拟储能电站处于并网状态;
- c) 调整储能电站为充电模式;
- d) 模拟间歇性电源有功功率目标值,模拟间歇性电源有功功率且与目标值的差值在阈值内,确认监控系统输出指令不变;
- e) 模拟间歇性电源有功功率且与目标值的差值超出阈值,确认监控系统输出有功功率指令按规律变化、变化量和分配至各储能变流器的指令正确;
- f) 设置储能电站为放电模式,按照步骤 d)~e)完成放电模式下的平滑功率输出模式调试;
- g) 恢复继电器触点或强制信号,关闭储能变流器。

5.3.5.8 电压暂降支撑模式

电压暂降支撑模式调试按以下步骤进行：

- a) 启动监控系统、储能变流器，确认通信功能正常；
- b) 短接并网开关继电器触点或强制并网信号，模拟储能电站处于并网状态；
- c) 调整储能电站为充电模式；
- d) 按照 GB/T 30137 的规定分别模拟并网点电压单相、两相、三相电压暂降过程，确认监控系统输出无功功率指令响应正确；
- e) 调整储能电站为放电模式，按照 GB/T 30137 的规定分别模拟并网点电压单相、两相、三相电压暂降过程，确认监控系统输出无功功率指令响应正确；
- f) 恢复继电器触点或强制信号，关闭储能变流器。

5.3.5.9 备用电源供电模式

备用电源供电模式调试按以下步骤进行：

- a) 启动监控系统、储能变流器，确认通信功能正常；
- b) 短接并网开关继电器触点或强制并网信号，模拟储能电站处于并网状态；
- c) 调整储能电站运行方式至备用状态，模拟调度下发有功功率指令，确认储能电站运行方式切换至放电模式，且监控系统根据调度有功功率指令调节输出有功功率；
- d) 模拟调度下发无功功率/电压指令，确认储能电站运行方式切换至放电模式，且监控系统根据调度无功功率/电压指令调节输出无功功率；
- e) 恢复继电器触点或强制信号，关闭储能变流器。

5.3.5.10 防误闭锁功能

防误闭锁功能调试按以下步骤进行：

- a) 启动监控系统及相关设备，确认通信模块运行正常；
- b) 投入防误闭锁功能，模拟进行设备误操作，确认设备状态无变化、报警信息正确；
- c) 重复步骤 b)，完成其他可控设备防误闭锁功能调试；
- d) 恢复可控设备状态、防误闭锁功能至初始状态。

5.3.6 功率协调控制功能

功率协调控制功能调试应按以下步骤进行：

- a) 启动监控系统，确认通信功能正常；
- b) 短接并网开关继电器触点或强制并网信号，模拟储能电站处于并网状态；
- c) 调整 AGC 控制模式为现地控制；
- d) 模拟电网频率变化触发一次调频动作，一次调频动作结束前通过监控系统下发 AGC 调节指令，确认储能电站 AGC 与一次调频协调策略的优先级、闭锁功能满足并网要求；
- e) 通过监控系统下发 AGC 调节指令，AGC 调节结束前模拟电网频率变化触发一次调频动作，确认储能电站 AGC 与一次调频协调策略的优先级、闭锁功能满足并网要求；
- f) 恢复继电器触点或强制信号、指令信号。

5.3.7 自诊断及冗余切换功能

自诊断及冗余切换功能调试按以下步骤进行。

- a) 启动监控系统及相关设备，确认通信、数据采集功能正常、主服务器处于工作状态、备服务器处于备用状态。
- b) 断开主服务器不间断电源和工作电源进行自诊断及冗余切换调试，结果应满足以下要求：
 - 1) 备服务器自动切换至工作状态、主服务器处于退出状态；

- 2) 监控系统数据采集、设备运行状态正常,报警窗口有报警信息和服务器启停信息。
- c) 恢复主服务器不间断电源和工作电源,切换主服务器处于工作状态,断开主服务器通信连接进行自诊断及冗余切换调试,确认调试结果与 b) 相一致。
- d) 恢复通信连接,切换主服务器处于工作状态、备服务器处于备用状态。

5.4 变配电系统

5.4.1 变配电系统一次设备调试应符合 GB 50147、GB 50148、GB 50149、GB 50150、GB 50168、GB 50233、GB/T 20297、DL/T 618、DL/T 1215.4 的相关规定。

5.4.2 变配电系统二次设备调试应符合 GB 50171、GB 50172、GB 50254、GB/T 26862、DL/T 687、DL/T 995、DL/T 1101 的相关规定。

5.5 继电保护及安全自动装置

5.5.1 继电保护装置调试应符合 GB/T 14285、GB/T 7261、GB 50150、DL/T 317、DL/T 995、DL/T 527、DL/T 540、DL/T 587、DL/T 2253 的相关规定。

5.5.2 安全自动装置调试应符合 GB 50150、DL/T 2253 的相关规定。

5.6 通信与调度自动化系统

通信与调度自动化系统调试应符合 GB/T 33602、DL/T 516、DL/T 544、DL/T 860.10、DL/T 1379、DL/T 1455、DL/T 5003、DL/T 5202 的相关规定。

5.7 站用电源

储能电站的站用电源调试应符合 GB 50054 的规定,照明装置调试应符合 GB 50582、GB 50034 的规定,站用直流系统调试应符合 DL/T 5044 的规定,交流不间断电源的事故放电时间应不小于 2.0 h。

6 联合调试

6.1 一般要求

6.1.1 储能电站联合调试应包括启动/停机、充/放电、并/离网、有功功率控制、无功功率控制、能量转换效率、故障穿越、电网适应性、一次调频、惯量响应、电能质量等调试项目。

6.1.2 储能电站联合调试应制定联合调试方案、安全措施和应急预案。

6.1.3 储能电站联合调试前应具备以下条件:

- a) 储能电站分系统调试完成;
- b) 储能电站的通信调试完成,通信网络和系统一致性、接口、协议及功能、网络安全、可靠性等满足并网要求;
- c) 储能电站的保护调试完成,保护策略、逻辑及定值设置满足并网要求;
- d) 储能电站联合调试申请及调试方案经调度机构批准。

6.2 并/离网模式

并/离网调试按以下步骤进行:

- a) 确认监控系统、变配电系统、继电保护及安全自动装置、通信与调度自动化系统、站用电源等系统具备并网运行条件;
- b) 启动监控系统、变配电系统、继电保护及安全自动装置、通信与调度自动化系统、站用电源等系统,确认设备参数为并网运行参数,且运行正常、无报警;
- c) 通过监控系统下发并网开关闭合指令,确认储能电站切换为并网运行模式、参与调试的设备运

行正常且无报警和异常等现象；

- d) 通过监控系统下发储能变流器并网开关闭合指令,确认储能变流器为并网运行状态、运行正常且无报警和异常等现象；
- e) 调整储能电站为充电模式；
- f) 通过监控系统下发低负荷有功功率指令,确认储能电站运行正常且无报警和异常等现象；
- g) 调整储能电站运行功率为 0,断开储能电站并网开关,确认储能电站处于离网状态,运行正常且无报警和异常等现象；
- h) 调整储能电站为放电模式；
- i) 重复步骤 c)~d)和 f)~g),完成放电模式下并/离网调试；
- j) 恢复储能电站初始运行状态。

6.3 启动/停机

启动/停机调试按以下步骤进行：

- a) 确认监控系统、变配电系统、继电保护及安全自动装置、通信与调度自动化系统、站用电源等系统具备并网运行条件；
- b) 启动监控系统、变配电系统、继电保护及安全自动装置、通信与调度自动化系统、站用电源等系统,确认设备参数为并网运行参数,且运行正常、无报警；
- c) 通过监控系统下发并网开关闭合指令,确认储能电站切换为并网运行模式、参与调试的设备运行正常且无报警和异常等现象；
- d) 调整储能电站为充电模式；
- e) 通过监控系统下发储能电站低负荷有功功率指令,确认储能变流器处于并网状态,启动正常且无报警和异常等现象；
- f) 通过监控系统下发储能电站停机指令,确认储能变流器处于离网状态,且无报警和异常等现象；
- g) 通过监控系统下发储能电站额定有功功率指令,确认储能变流器处于并网状态,启动正常且无报警和异常等现象；
- h) 通过监控系统下发储能电站停机指令,确认储能变流器处于离网状态,且无报警和异常等现象；
- i) 调整储能电站为放电模式；
- j) 重复步骤 e)~h),完成放电模式下启动/停机调试；
- k) 恢复储能电站初始运行状态。

6.4 有功功率调节能力

6.4.1 站内动态联调

6.4.1.1 开环控制

开环控制调试按以下步骤进行：

- a) 储能电站及参与调试的设备处于并网状态,确认设备参数调至并网运行参数且运行正常、无报警和异常等现象、通信功能正常；
- b) 调整储能电站 AGC 控制模式为现地控制,AGC 控制方式为手动控制；
- c) 投入全站 AGC 功能、退出 AGC 闭环控制功能；
- d) 下发有功功率目标值,确认 AGC 功率分配策略、控制逻辑满足相关技术要求；
- e) 下发有功越限及越步长指令,检查报警文本的调节策略,确认 AGC 开环调节逻辑正确；
- f) 恢复储能电站初始运行状态。

6.4.1.2 闭环控制

闭环控制调试按以下步骤进行：

- a) 储能电站及参与调试的设备处于并网状态,确认设备参数调至并网运行参数且运行正常、无报警和异常等现象、通信功能正常；
- b) 调整单个阵列中储能变流器为远程控制,其余储能变流器为现地控制；
- c) 调整储能电站 AGC 控制模式为现地控制,AGC 控制方式为自动控制；
- d) 下发有功功率目标值,确认 AGC 功率分配策略、控制逻辑及调节精度满足相关技术要求；
- e) 下发有功越限及越步长指令,检查报警文本的调节策略,确认 AGC 闭环调节逻辑正确；
- f) 调整全站所有储能变流器为远程控制,重复步骤 d)~e),完成整站闭环控制调试；
- g) 恢复储能电站初始运行状态。

6.4.2 调度端动态联调

调度端动态联调按以下步骤进行：

- a) 储能电站及参与调试的设备处于并网状态,确认设备参数调至并网运行参数且运行正常、无报警和异常等现象、通信功能正常；
- b) 调整储能电站 AGC 控制模式为远程控制,AGC 控制方式为自动控制；
- c) 调度端下发有功功率指令,确认监控系统接收数值与调度端下发指令相一致,AGC 跟踪调度指令正确,监控系统上送调度数据与调度端接收相一致,有功功率调节速率和稳态偏差满足并网技术要求；
- d) 调度端下发有功功率计划曲线,确认监控系统接收到的计划曲线与调度端下发相一致；
- e) 调度端下发有功功率越限或越步长指令,确认监控系统拒绝接受指令并报警；
- f) 模拟调度端通信通道切换、通信故障和通信设备断电重启等故障,确认监控系统无错误遥调和遥控指令发出；
- g) 恢复储能电站初始运行状态。



6.4.3 并网性能测试

并网性能测试按以下步骤进行：

- a) 储能电站及参与调试的设备处于并网状态,确认设备参数调至并网运行参数且运行正常、无报警和异常等现象；
- b) 按照 GB/T 36548 规定的方法进行有功功率调节能力的升功率和降功率测试,确认测试结果与 GB/T 36547 的要求相一致。

6.5 无功功率调节能力

6.5.1 站内动态联调

6.5.1.1 开环控制

开环控制调试按以下步骤进行：

- a) 储能电站及参与调试的设备处于并网状态,确认设备参数调至并网运行参数且运行正常、无报警和异常等现象、通信功能正常；
- b) 调整储能电站 AVC 控制模式为现地控制,AVC 控制方式为手动控制；
- c) 投入全站 AVC 功能,退出 AVC 闭环控制功能；
- d) 下发无功功率目标值,确认 AVC 控制逻辑满足相关技术要求；
- e) 下发无功功率越限及越步长指令,检查报警文本的调节策略,确认 AVC 开环调节逻辑正确；

- f) 恢复储能电站初始运行状态。

6.5.1.2 闭环控制

闭环控制调试按以下步骤进行：

- a) 储能电站及参与调试的设备处于并网状态,确认设备参数调至并网运行参数且运行正常、无报警和异常等现象、通信功能正常；
- b) 调整储能电站 AVC 控制模式为现地控制,AVC 控制方式为自动控制；
- c) 投入全站 AVC 功能,调整 AVC 运行模式至电压控制模式；
- d) 下发电压目标值,确认 AVC 控制逻辑及调节精度满足相关技术要求；
- e) 下发电压越限及越步长指令,检查报警文本给出的调节策略,确认 AVC 闭环调节逻辑正确；
- f) 调整 AVC 运行模式至无功功率控制模式；
- g) 下发无功功率目标值,确认 AVC 控制逻辑及调节精度满足相关技术要求；
- h) 下发无功功率越限及越步长指令,检查报警文本给出的调节策略,确认 AVC 闭环调节逻辑正确；
- i) 报警恢复储能电站初始运行状态。

6.5.2 调度端动态联调

调度端动态联调按以下步骤进行：

- a) 储能电站及参与调试的设备处于并网状态,确认设备参数调至并网运行参数且运行正常、无报警和异常等现象、通信功能正常；
- b) 调整储能电站 AVC 控制模式为远程控制,AVC 控制方式为自动控制；
- c) 投入全站 AVC 功能,调整 AVC 运行模式至电压控制模式；
- d) 调度端下发电压指令,确认监控系统接收数值与调度端下发指令相一致,AVC 跟踪调度指令正确,监控系统上送调度数据与调度端接收相一致,电压调节速率和稳态偏差满足并网技术要求；
- e) 调度端下发电压越限及越步长指令,确认 AVC 拒绝接受指令并报警；
- f) 模拟调度端通信通道切换、通信故障和通信设备断电重启等故障,确认 AVC 无错误遥调和遥控指令发出,AVC 控制模式自动切换至现地控制,且按照预先给定的高压侧母线电压目标值进行控制；
- g) 调整储能电站 AVC 控制模式为远程控制,AVC 运行模式至无功功率控制模式；
- h) 调度端下发无功功率指令,确认监控系统接收数值与调度端下发指令相一致,AVC 跟踪调度指令正确,监控系统上送调度数据与调度端接收相一致,无功功率调节速率和稳态偏差满足并网技术要求；
- i) 调度端下发无功功率越限及越步长指令,确认 AVC 拒绝接受指令并报警；
- j) 模拟调度端通信通道切换、通信故障和通信设备断电重启等故障,确认 AVC 无错误遥调和遥控指令发出,AVC 控制模式自动切换至现地控制；
- k) 恢复储能电站初始运行状态。

6.5.3 并网性能测试

并网性能测试按以下步骤进行：

- a) 储能电站及参与调试的设备处于并网状态,确认设备参数调至并网运行参数且运行正常、无报警和异常等现象；
- b) 按照 GB/T 36548 规定的方法分别进行充电模式和放电模式下的无功功率调节能力测试,确认测试结果与 GB/T 36547 的要求相一致。

6.6 充/放电功能

充/放电功能调试按以下步骤进行：

- a) 储能电站及参与调试的设备处于并网状态,确认设备参数调至并网运行参数且运行正常、无报警和异常等现象；
- b) 按照 GB/T 36548 规定的方法分别进行充/放电响应时间、调节时间和转换时间测试,确认测试结果与 GB/T 36547 的要求相一致；
- c) 读取储能电站监控系统采集的电池单体、电池簇、电池堆或燃料电池的电压值,确认电压极差与 GB/T 36276 的要求相一致；
- d) 调整储能电站为放电模式,模拟频率超出应连续运行的范围,确认储能电站运行状态与 DL/T 2246.5 的要求相一致；
- e) 调整储能电站为充电模式,模拟频率超出应连续运行的范围,确认储能电站运行状态与 DL/T 2246.5 的要求相一致；
- f) 恢复储能电站初始运行状态。

6.7 故障电压穿越

对储能变流器故障穿越参数、型式试验报告、现场测试报告进行复核,确认故障电压穿越性能和参数设备与 GB/T 36548 的要求相一致。

6.8 电网适应性

对储能变流器电网适应性参数、型式试验报告、现场测试报告进行复核,确认电压谐波、电能质量、频率性能和参数设备与 GB/T 36548 的要求相一致。

6.9 额定能量及转换效率

能量转换效率调试按以下步骤进行：

- a) 储能电站及参与调试的设备处于并网状态,确认设备参数调至并网运行参数且运行正常、无报警和异常等现象；
- b) 按照 GB/T 36548 规定的方法分别在充/放电条件下进行额定能量测试,确认测试结果满足并网技术要求；
- c) 按照 GB/T 36548 规定的方法分别在充/放电条件下进行额定功率能量转换效率测试,确认测试结果满足并网技术要求。

6.10 过载能力

过载能力调试按以下步骤进行：

- a) 储能电站及参与调试的设备处于并网状态,确认设备参数调至并网运行参数且运行正常、无报警和异常等现象；
- b) 按照 GB/T 36548 规定的方法分别在充/放电条件下进行过载能力测试,确认测试结果满足并网技术要求。

6.11 一次调频

一次调频调试按以下步骤进行：

- a) 储能电站及参与调试的设备处于并网状态,确认设备参数调至并网运行参数且运行正常、无报警和异常等现象；
- b) 储能电站一次调频功能投入,按照 GB/T 40595 规定的方法分别进行一次调频死区、动态性能

和限幅测试,确认测试结果与 GB/T 40595 的要求相一致。

6.12 惯量响应

惯量响应调试按以下步骤进行:

- a) 储能电站及参与调试的设备处于并网状态,确认设备参数调至并网运行参数且运行正常、无报警和异常等现象;
- b) 投入储能电站惯量响应功能,通过调整频率信号发生装置输出不同频段、不同变化率的频率扰动信号,测试储能电站惯量响应性能,确认惯量响应的上升时间、有功功率最大调节量和稳态偏差满足并网技术要求。

6.13 电能质量

电能质量测试按以下步骤进行:

- a) 储能电站及参与调试的设备处于并网状态,设备参数调至并网运行参数且运行正常,应无报警、异常等现象;
- b) 按照 GB/T 36548 规定的方法分别在充/放电条件下进行三相电压不平衡、谐波、直流分量测试,确认结果与 GB/T 36547 的要求相一致。



附录 A
(资料性)
调试记录

储能电站调试记录信息见表 A.1。

表 A.1 储能电站调试记录信息

| 调试记录 | | | | |
|------------|-------|------|---------|---------|
| 设备/系统编号 | | | | 设备/系统名称 |
| 调试人员 | | | | 调试日期 |
| 检查核 查记录 | 序号 | 项目名称 | 检查/核查方式 | 检查/核查结果 |
| | 1 | | | |
| | 2 | | | |
| | 3 | | | |
| | 4 | | | |
| | 5 | | | |
| | 6 | | | |
| | ... | | | |
| 调试数 据记录 | 序号 | 项目名称 | 技术参数 | 数值 |
| | 1 | | | |
| | 2 | | | |
| | 3 | | | |
| | 4 | | | |
| | 5 | | | |
| | 6 | | | |
| | ... | | | |
| 备注 | | | | |
| 记录人 | 年 月 日 | | 审核人 | 年 月 日 |

附 录 B
(资料性)
调 试 报 告

B.1 储能电站调试报告封面

储能电站调试报告封面包含下列信息：

- a) 报告名称；
- b) 编写人员；
- c) 审核人员；
- d) 批准人员；
- e) 编写日期。

B.2 储能电站调试报告章

储能电站调试报告章内容见表 B.1。

表 B.1 储能电站调试报告章内容

| 章编号 | 章内容 |
|-----|-----------|
| 1 | 概述 |
| 2 | 调试内容 |
| 3 | 调试依据 |
| 4 | 调试仪器设备 |
| 5 | 分系统调试 |
| 6 | 联合调试 |
| 7 | 存在问题及整改措施 |
| 8 | 结论 |