



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 43462—2023

## 电化学储能黑启动技术导则

Technical guide for black-start of electrochemical energy storage

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 .....	1
4 总体要求 .....	1
5 黑启动技术条件 .....	2
6 黑启动准备 .....	3
7 自启动 .....	4
8 启动发电设备 .....	4
9 恢复变电站黑启动供电 .....	5
附录 A (资料性) 典型黑启动方式 .....	6
附录 B (资料性) 黑启动方案内容 .....	9





## 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：广东电网有限责任公司、南方电网电力科技股份有限公司、南方电网调峰调频发电有限公司、中国南方电网有限责任公司、国网辽宁省电力有限公司、中国电力科学研究院有限公司、中国长江三峡集团有限公司、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。

本文件主要起草人：杨银国、陆秋瑜、郑建平、李力、朱良合、罗嘉、陈满、黄河、张勇、林庆标、彭鹏、刘洋、朱誉、张飞、罗澍忻、葛延峰、董开松、渠展展、苏适、张磊、王皓怀、闫斌杰、谢平平、李佳曼、王超、李毓烜、孙明一、王亮、甄文喜、王上行、杨家全、杨洋、王允、易杨、向丽玲、林英明、伍双喜、樊玮、包博、刘显苗、邓韦斯、饶章权、马凯、雷二涛。



# 电化学储能黑启动技术导则

## 1 范围

本文件规定了电化学储能黑启动的总体要求和技术条件,以及黑启动准备、自启动、启动发电设备和恢复变电站黑启动供电等黑启动技术要求。

本文件适用于具备黑启动能力、可作为黑启动电源的电化学储能系统或电站的规划、设计、试验和运行。

## 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 36558 电力系统电化学储能系统通用技术条件

GB/T 38334 水电站黑启动技术规范

GB/T 50064 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范

GB 51048 电化学储能电站设计规范

DL/T 2528 电力储能基本术语

## 3 术语和定义

DL/T 2528 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**电化学储能黑启动** **black-start of electrochemical energy storage**

电力系统大面积停电后,在无外接电源支持的情况下,通过系统中具有黑启动能力的电化学储能系统或电站,启动与其相连的发电设备或恢复变电站设备供电的过程。

### 3.2

**黑启动时间** **black-start time**

从发电设备或变电站失去厂用电工作电源及备用电源,至发电设备或变电站具备对并网点恢复供电能力的时间。

## 4 总体要求

4.1 根据电化学储能系统或电站的并网点、启动对象和路径,电化学储能黑启动可分为启动发电设备和恢复变电站黑启动供电两种类型,典型黑启动方式见附录 A。

4.2 黑启动电化学储能系统或电站的规划和布点应与其接入电网的黑启动电源布局和路径规划相衔接。

4.3 电化学储能电站设计应满足 GB 51048 和 GB/T 36558 的要求。黑启动过程中,电化学储能电站黑启动所需的功率配置应满足正常负荷和冲击负荷需求总和,能量配置应满足各阶段电量需求总和。

- 4.4 电化学储能电站黑启动时间宜不大于 2 h。
- 4.5 电化学储能电站作为黑启动电源时,正常运行期间应预留黑启动所需的放电能量。
- 4.6 通过黑启动试验、具备提供黑启动服务的电化学储能电站应与电网调度机构签订黑启动协议。
- 4.7 电网调度机构应计算电化学储能电站黑启动范围和恢复路径,并制定电网黑启动预案。
- 4.8 黑启动储能电站应制定电站黑启动方案,方案内容见附录 B,并定期进行黑启动能力试验,与黑启动有关的设备在大修或技术改造后应重新进行试验。
- 4.9 黑启动储能电站应每年组织黑启动应急预案演练,熟悉各项操作,缩短黑启动时间,并根据演练结果修订预案。
- 4.10 参与黑启动的电化学储能电站应配置便携式卫星通话设备、对讲机等应急通信设备,并定期进行试验维护。
- 4.11 黑启动过程中电化学储能电站若出现能量不足、电气或机械故障等情况,危及人身和设备安全时,应立即停止,保障设备与人员安全。

## 5 黑启动技术条件

### 5.1 自启动

- 5.1.1 电化学储能电站应具备离网稳定运行、二次调频、二次调压、零起升压功能。
- 5.1.2 离网运行模式下储能变流器应具备表 1 所示频率范围内运行的能力。

表 1 离网模式下储能变流器频率运行范围

频率( $f$ )	允许运行时间( $t$ )
$f > 51.5$ Hz	根据变流器允许的最高频率而定
51.0 Hz $< f \leq 51.5$ Hz	$t \geq 30$ s
50.5 Hz $< f \leq 51.0$ Hz	$t \geq 3$ min
48.5 Hz $\leq f \leq 50.5$ Hz	连续运行
48.0 Hz $\leq f < 48.5$ Hz	$t \geq 30$ min
47.5 Hz $\leq f < 48.0$ Hz	$t \geq 60$ s
47.0 Hz $\leq f < 47.5$ Hz	$t \geq 20$ s
46.5 Hz $\leq f < 47.0$ Hz	$t \geq 5$ s
$f < 46.5$ Hz	根据变流器允许的最低频率而定

- 5.1.3 电化学储能电站应设置用于自启动的储能单元或配置独立外部电源。
- 5.1.4 用于自启动的储能单元或外部独立电源的额定放电功率应不小于 1.2 倍储能电站厂用电功率,过载能力应满足储能电站站用负荷启动的冲击电流要求,额定放电能量应不小于 15 min 厂用电持续用电量。
- 5.1.5 用于自启动的储能单元的储能变流器控制系统及电池管理系统宜具备直流侧自取电能力。
- 5.1.6 电化学储能电站不间断电源容量应满足自启动储能变流器控制系统和电池管理系统、储能电站计算机监控系统、应急照明、消防系统等重要负荷需求,且持续供电时间宜不小于 2 h。
- 5.1.7 电化学储能电站厂用电宜配置独立母线,厂用电进线开关宜配置失电串联切换、复电并联切换功能,厂用电至自启动储能单元宜至少配置 2 路独立供电路线。
- 5.1.8 用于零起升压的储能单元容量不应小于储能电站升压变、站用变、零起升压启动电气路径中变

压器的空载损耗及线缆损耗之和。

## 5.2 启动同步发电机组

5.2.1 电化学储能电站启动发电机组的功率配置应满足以下要求：

- a) 储能电站额定功率不小于发电机组黑启动各阶段必要的最大厂用负荷功率；
- b) 储能电站过载能力满足启动厂用最大冲击负荷时的总功率；
- c) 启动厂内最大功率单台电动机时，孤网母线电压不低于额定电压的 80%，暂态过程不低于额定电压的 70%，对于有特殊启动电压要求的电动机，满足设备制造商的要求；
- d) 启动厂内最大功率单台电动机时，孤网母线频率波动不超过 $\pm 1$  Hz。

5.2.2 电化学储能电站容量配置应满足完成一次发电机组黑启动全过程的电量需求。

5.2.3 电化学储能电站启动的发电机组的控制及保护系统、厂区照明等应满足 GB/T 38334 的要求。

5.2.4 电化学储能电站与发电机组的同期点宜选取发电机组原有的同期并网点。

## 5.3 启动风电机组或光伏发电单元

5.3.1 电化学储能电站黑启动风电机组或光伏发电单元的功率配置应满足以下要求：

- a) 储能电站额定放电功率不小于风电场或光伏电站厂用电负荷；
- b) 储能电站额定无功功率不小于所启动风电机组或光伏发电单元至储能系统的电气路径上所有线路的充电无功功率之和；
- c) 储能电站过载能力满足所启动的风电机组或光伏发电单元的冲击电流；
- d) 启动单台风电机组或光伏发电单元时，孤网频率、电压不超过风电机组或光伏发电单元的频率、电压运行范围。

5.3.2 电化学储能电站容量配置应满足孤网负荷稳定运行的供电范围和时间要求，宜考虑风光资源波动性和不确定性。

5.3.3 电化学储能电站、风电场、光伏电站宜配置风光储联合监控系统，根据风电、光伏预测和实际功率及储能可用能量，合理分配风光储各子系统控制目标，维持孤网频率和电压在合理范围。

5.3.4 零起升压过程中电化学储能电站与风电场或光伏电站的动态无功补偿装置控制策略应协调一致，避免出现电压异常波动或振荡。

5.3.5 电化学储能电站至所启动风电机组或光伏发电单元的短路阻抗应满足风电机组或光伏发电单元运行的短路阻抗要求。

5.3.6 风电场或光伏电站宜分析评估黑启动工况下电化学储能电站与风电场或光伏电站的振荡风险，并考虑配置储能变流器或风电/光伏逆变器振荡抑制功能。

## 5.4 恢复变电站黑启动供电

5.4.1 电化学储能电站恢复变电站黑启动供电的功率配置应满足以下要求：

- a) 储能电站额定无功功率大于变电站出线充电无功功率；
- b) 储能电站过载能力满足线路充电和变电站内最大负荷启动的冲击电流；
- c) 恢复变电站内最大负荷时，母线电压和频率波动满足负荷运行要求。

5.4.2 电化学储能电站容量配置应满足孤网负荷稳定运行的供电范围和时间要求。

## 6 黑启动准备

6.1 黑启动操作前应与电网调度机构确认系统处于全黑状态，需黑启动恢复电网运行。

6.2 黑启动操作前应确认储能电站厂用电外部电源进线开关已分闸。

### 6.3 黑启动操作前应满足以下条件：

- a) 储能电站当前可用能量满足黑启动电量需求；
- b) 储能电站无异常报警,各分系统状态正常；
- c) 黑启动相关设备无故障,具备正常工作及黑启动能力；
- d) 黑启动对象的继电保护装置及二次控制回路正常供电,断路器能正常分合闸,信号采集、控制系统、通信能正常工作。

## 7 自启动

7.1 满足黑启动条件后,应先进行电化学储能电站自启动。

7.2 电化学储能电站自启动前,应确认储能电站不间断电源工作正常,储能电站的计算机监控系统、应急照明、消防系统工作正常。

7.3 满足自启动条件后,可按以下步骤自启动电化学储能电站：

- a) 设置储能电站为离网运行模式；
- b) 调整启动对象相关的保护参数至黑启动模式；
- c) 合上自启动储能单元到厂用电供电线路的开关；
- d) 启动自启动储能单元；
- e) 厂用电负荷供电由不间断电源并联切换至自启动储能单元；
- f) 恢复储能电站空调系统、通风系统等全部厂用电负荷；
- g) 储能电站自启动完成,具备启动发电设备或恢复变电站黑启动供电的能力。

## 8 启动发电设备

### 8.1 启动发电机组

8.1.1 接入发电厂厂用变压器低压侧的电化学储能电站自启动后,可按以下步骤操作储能电站带孤网零起升压：

- a) 确认发电机组具备启动条件；
- b) 退出储能变流器欠压保护；
- c) 调整运行方式,使零起升压的储能单元仅与储能电站升压变、站用变、黑启动机组的厂用变、机组主变连接；
- d) 上述储能单元同步带储能电站升压变、站用变、黑启动机组厂用变、主变零起升压；
- e) 升至额定电压后,投入储能变流器欠压保护,依次投入其他储能单元。

8.1.2 孤网电压稳定后,储能电站厂用电负荷供电可由自启动储能单元并联切换至站用变压器,自启动储能单元可重新并入储能电站升压变低压侧母线。

8.1.3 储能电站厂用电负荷转为正常供电方式后,可按以下步骤启动发电机组：

- a) 按照黑启动方案逐步恢复必要的电厂厂用电负荷；
- b) 启动黑启动机组至全速空载状态；
- c) 启动机组与储能电站的同期合闸；
- d) 将储能电站控制模式切换至并网运行模式；
- e) 稳定运行后,逐步恢复电厂其他厂用电负荷；
- f) 调整并网点电压,确保对电厂出线充电时线路末端工频过电压和操作过电压满足 GB/T 50064 的要求；
- g) 与电网调度机构确认后,合闸电厂出线开关,完成对电厂出线充电。

## 8.2 启动风电机组或光伏发电单元

8.2.1 接入风电/光伏场站内的电化学储能电站自启动后,可根据风、光资源预测和储能电站能量情况,选择合适的时机启动风电机或光伏发电单元,可按以下步骤操作储能电站带孤网零起升压:

- a) 确认选定的风电机组或光伏发电单元具备启动条件;
- b) 退出储能变流器欠压保护;
- c) 调整运行方式,使零起升压的储能单元仅与储能电站升压变、站用变、风电场或光伏电站的厂用变、选定启动的风电机组或光伏发电单元箱变、集电线路、风电场或光伏电站主变连接;
- d) 储能单元同步带储能电站升压变、站用变、风电场或光伏电站主变、箱变和集电线路零起升压;
- e) 升至额定电压后,投入储能变流器欠压保护,依次投入其他储能单元。

8.2.2 孤网电压稳定后,储能电站厂用电负荷供电可由自启动储能单元并联切换至站用变压器,自启动储能单元可重新并入储能电站升压变低压侧母线。

8.2.3 储能电站厂用电负荷转为正常供电方式后,可按以下步骤启动风电机组或光伏发电单元:

- a) 按照黑启动方案逐步恢复风电场或光伏电站的厂用负荷;
- b) 依次启动选定的风电机组或光伏发电单元;
- c) 利用风电、光伏维持储能电站合理能量,储能电站维持孤网稳定运行;
- d) 调整并网点电压,确保对场站出线充电时线路末端工频过电压和操作过电压满足 GB/T 50064 的要求;
- e) 与电网调度机构确认后,合闸场站出线开关,完成对场站出线充电。

## 9 恢复变电站黑启动供电

9.1 接入变电站低压侧或独立的电化学储能电站自启动后,储能电站带孤网零起升压,可按以下步骤操作:

- a) 投入或退出变电站内与黑启动相关的保护压板;
- b) 投入与黑启动相关的变电站内自动控制装置;
- c) 退出储能变流器欠压保护;
- d) 调整运行方式,使零起升压的储能单元仅与储能电站升压变、站用变、变电站主变、变电站母线连接;
- e) 储能单元同步带储能电站升压变、站用变、变电站主变零起升压;
- f) 升至额定电压后,投入储能变流器欠压保护,依次启动其他储能单元。

9.2 孤网电压稳定后,储能电站厂用电负荷供电可由自启动储能单元并联切换至站用变压器,自启动储能单元可重新并入储能电站升压变低压侧母线。

9.3 储能电站厂用电负荷转为正常供电方式后,可按以下步骤恢复变电站黑启动供电:

- a) 恢复变电站厂用电负荷;
- b) 调整电化学储能电站电压,确保对变电站出线充电时线路末端工频过电压和操作过电压满足 GB/T 50064 的要求;
- c) 与电网调度机构确认后,合闸变电站出线开关,完成对出线充电。

附录 A  
(资料性)  
典型黑启动方式

电化学储能电站需先完成自启动(示意图见图 A.1),再按启动对象分为启动发电设备(包括常规发电机组、海上风电机组、陆上风电机组和光伏单元,示意图见图 A.2~图 A.4)和恢复变电站黑启动供电(示意图见图 A.5)两类典型黑启动方式。

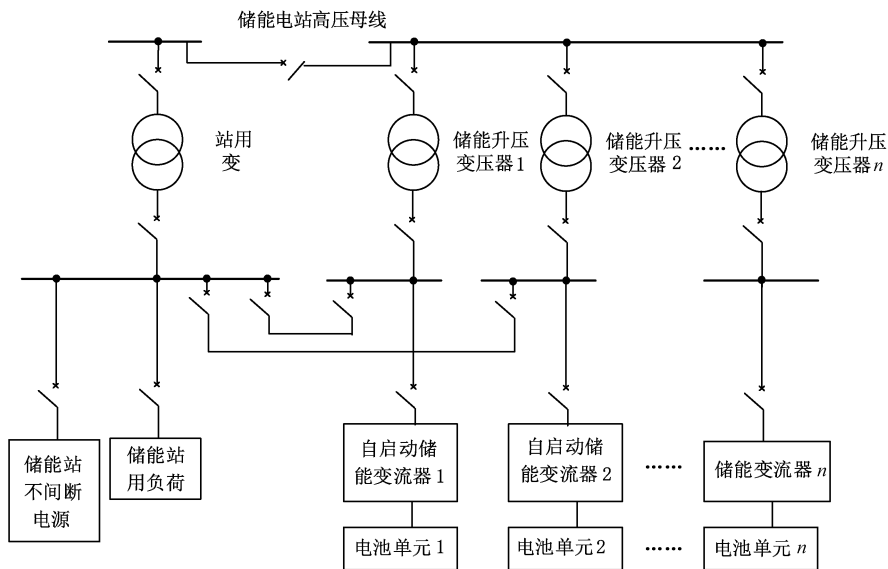


图 A.1 电化学储能电站自启动示意图

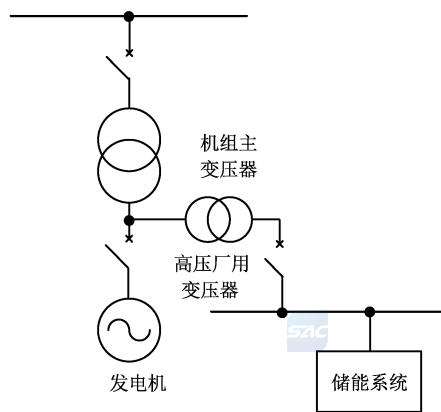


图 A.2 电化学储能电站黑启动发电机组示意图

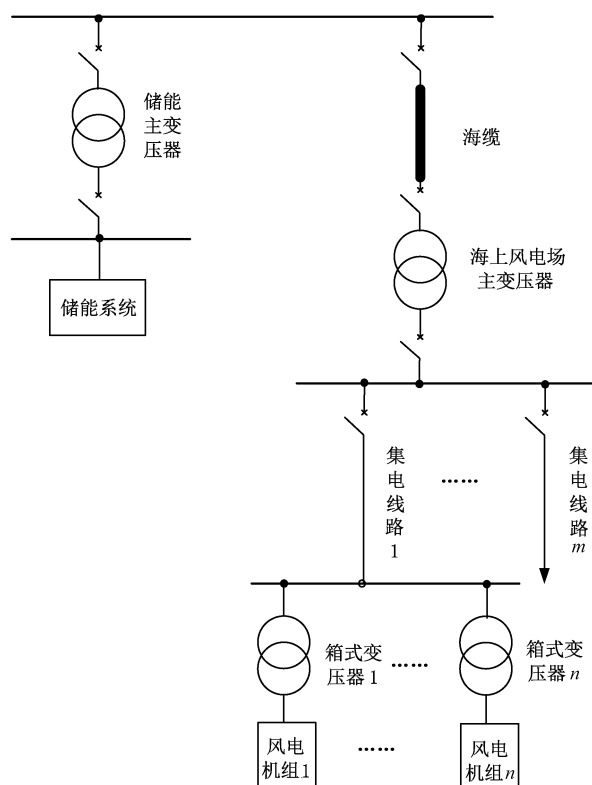


图 A.3 电化学储能电站黑启动海上风电机组示意图

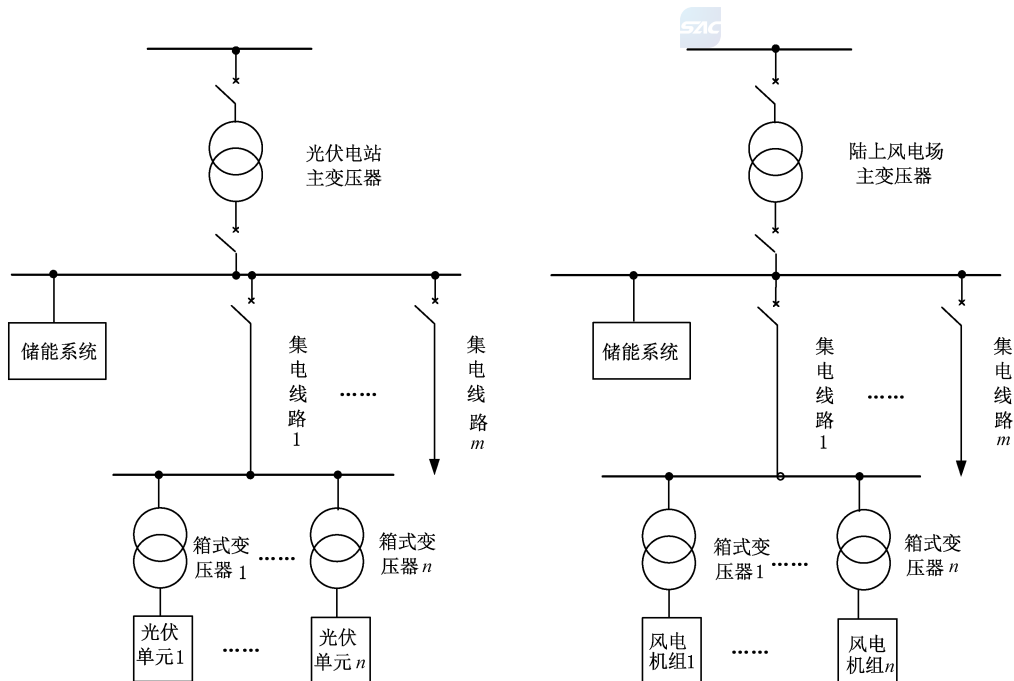


图 A.4 电化学储能电站黑启动光伏单元或陆上风电机组示意图

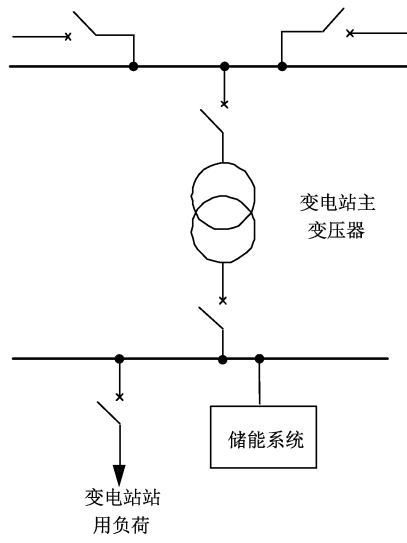


图 A.5 电化学储能电站恢复变电站黑启动供电示意图

**附 录 B**  
**(资料性)**  
**黑启动方案内容**

电化学储能电站黑启动方案根据黑启动对象、电气接线方式、各设备和系统的黑启动能力等编制,内容包括:

- a) 黑启动具备的条件;
  - b) 黑启动隔离的范围;
  - c) 黑启动过程中的辅助、附属设备操作顺序和状态转换要求;
  - d) 电化学储能电站自启动流程;
  - e) 电化学储能电站黑启动发电机组、风电机组、光伏发电单元、变电站的启动操作流程;
  - f) 黑启动过程中异常处置措施;
  - g) 其他必要的内容。
-