



中华人民共和国国家标准

GB/T 43687—2024

电力储能用压缩空气储能系统技术要求

Technical requirements for compressed air energy storage system used for electrical energy storage

2024-03-15发布

2024-10-01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	I
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	3
5 系统分类	3
6 系统性能	4
7 压缩储能系统	4
8 储气系统	5
9 储换热系统	5
10 膨胀释能系统	6
11 电气系统	6
12 仪表与控制系统	7
13 系统性能试验	7
附录 A (资料性) 压缩空气储能系统架构	19

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/TC550)归口。

本文件起草单位：华能江苏能源开发有限公司、中盐金坛盐化有限责任公司、清华大学、中国能源建设集团江苏省电力设计院有限公司、南方电网科学研究院有限责任公司、中国科学院工程热物理研究所、中国电力工程顾问集团有限公司、中能建数字科技集团有限公司、西安热工研究院有限公司、国网江苏省电力有限公司、江苏方天电力技术有限公司、沈鼓集团股份有限公司、西安陕鼓动力股份有限公司、东方电气集团东方汽轮机有限公司、哈尔滨汽轮机厂有限责任公司、中国特种设备检测研究院、中盐华能储能科技有限公司、华能南京金陵发电有限公司、中广核风电有限公司。

本文件主要起草人：曹庆伟、梅生伟、陈海生、陈辉、郭祚刚、王国华、李睿、薛志恒、杨宏宇、张华良、倪煜、陈来军、丁辉、王开柱、牛晨晖、蔺通、陈永安、翟璇、赵博、戴强晟、吴斌、刘小明、侯佑松、薛小代、朱学成、王斌、王海涛、梁文军、张春琳、方宇、卢日时、崔艳艳、王伟锋、靳志会、郑天文、张通、刘通、杜云龙、韩月峰、万明忠、邢乐强、张鹏飞、艾宏伟、袁超、顾文、周根标、李峻、李文。

电力储能用压缩空气储能系统技术要求

1 范围

本文件规定了电力储能用压缩空气储能系统的系统性能、压缩储能系统、储气系统、储换热系统、膨胀释能系统、电气系统、仪表与控制系统等技术要求,描述了系统性能试验方法,规定了系统分类要求。

本文件适用于额定放电功率为 1 MW 且额定放电能量为 2 MW·h 及以上的压缩空气储能系统,其他功率及能量的压缩空气储能系统参照执行。

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 150(所有部分) 压力容器
- GB/T 151 热交换器
- GB/T 384 石油产品热值测定法
- GB/T 2624.2 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第 2 部分:孔板
- GB/T 7064 隐极同步发电机技术要求
- GB/T 8117(所有部分) 汽轮机热力性能验收试验规程
- GB/T 13609 天然气取样导则
- GB/T 13610 天然气的组成分析 气相色谱法
- GB/T 14285 继电保护和安全自动装置技术规程
- GB/T 18940 封闭管道中气体流量的测量 涡轮流量计
- GB/T 21391 用气体涡轮流量计测量天然气流量
- GB/T 25357 石油、石化及天然气工业流程用容积式回转压缩机
- GB/T 25630 透平压缩机 性能试验规程
- GB/T 31130 科里奥利质量流量计
- GB/T 31464 电网运行准则
- GB/T 36293 火力发电厂分散控制系统技术条件
- GB/T 36572 电力监控系统网络安全防护导则
- GB 38755 电力系统安全稳定导则
- GB/T 40594 电力系统网源协调技术导则
- GB/T 50062 电力装置的继电保护和自动装置设计规范
- GB/T 50063 电力装置电测量仪表装置设计规范
- GB 50251 输气管道工程设计规范
- DL/T 544 电力通信运行管理规程
- DL/T 843 同步发电机励磁系统技术条件
- DL/T 1402 厂站端同步相量应用技术规范
- DL/T 1870 电力系统网源协调技术规范

- DL/T 2528—2022 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 5202 电能量计量系统设计规程
- DL/T 5364 电力调度数据网络工程初步设计内容深度规定
- DL/T 5506 电力系统继电保护设计技术规范
- JB/T 4732 钢制压力容器分析设计标准
- JB/T 4734 铝制焊接容器
- JB/T 6443(所有部分) 石油、化学和气体工业用轴流、离心压缩机及膨胀机-压缩机
- NB/T 10938 绕管式热交换器
- NB/T 47004(所有部分) 板式热交换器
- NB/T 47006 铝制板翅式热交换器

3 术语和定义

DL/T 2528—2022界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

压缩空气储能系统 compressed airenergy storagesystem;CAESS

通过空气介质的压缩和膨胀,实现电能存储和释放的设备组合。

[来源:DL/T 2528—2022,4.3.1.2]

3.2

储气系统 airstoragesystem

用于压缩空气充气、存储、放气的压力容器或地质空间及相应的设备组合。

[来源:DL/T 2528—2022,4.3.2.2,有修改]

3.3

空气膨胀机 airexpander

通过空气膨胀将空气热力学能转化为机械能的设备。

3.4

压缩储能 compressed energy storageprocess

利用电能驱动压缩机获取高压空气,从而储存能量的过程。

3.5

膨胀释能 expansion energy releasingprocess

利用储气系统存储的高压空气,驱动空气膨胀机带动发电机发电的过程。

3.6

储气系统工作压力区间 workingpressurerangeofairstoragesystem

储气系统支撑压缩储能和膨胀释能正常工作的压力范围。

3.7

储气系统工作上限压力 upperlimitoperatingpressureofairstoragesystem

储气系统运行压力区间的上限值。

3.8

储气系统工作下限压力 lowerlimitoperatingpressureofairstoragesystem

储气系统运行压力区间的下限值。

3.9

储气系统极限承压压力 ultimate pressure of air storage system

引起储气系统发生结构性破坏或者功能失效的承压压力值。

3.10

膨胀机组额定功率 rated power of air expander unit

在规定条件下,整套压缩空气储能系统可持续稳定输出的功率保证值。

注:取值为配置的发电机额定功率。

3.11

压缩空气储能系统额定充电能量 CAESS rated charging power capacity

空气压缩机组通过向储气系统充入压缩空气,将储气系统由工作下限压力提高至工作上限压力所消耗的电能。

3.12

压缩空气储能系统额定放电能量 CAESS rated discharging power capacity

空气膨胀机组利用储气系统释放的高压空气做功,从储气系统工作上限压力膨胀至下限压力所释放的电能。

3.13

压缩空气储能系统循环综合效率 CAESS comprehensive energy efficiency

储气系统工作下限压力至上限压力的压力区间内,在一个压缩储能与膨胀释能的完整循环中,压缩空气储能系统输出的冷热电等能量总和与输入的各种能量总和的比值。

注:用百分数表示。

3.14

压缩空气储能系统循环电效率 CAESS round-trip electrical efficiency

储气系统工作下限压力至上限压力的压力区间内,在一个压缩储能与膨胀释能的完整循环中,压缩空气储能系统在并网点处输出电能与输入电能的比值。

注:存在电能之外其他能量形式输入的折算成电能合并计算,用百分数表示。

3.15

压缩空气储能系统静置耗电量 CAESS averaged standing energy consumption

充电或者发电结束后的系统静置期内,压缩空气储能辅助系统从电网吸收用于维持机组热备用状态而消耗的电量。

4 总体要求

4.1 压缩空气储能系统应具备系统调峰、调频、紧急功率支撑、电压控制、跟踪计划曲线、平滑功率输出、电压暂降支撑、备用电源供电中的一种或多种应用功能。

4.2 压缩空气储能系统应能接收并执行远方或就地功率控制指令,并网性能满足 GB 38755、GB/T 31464的相关要求。

4.3 压缩空气储能系统启停次数应不低于 9 000次且使用寿命应不少于 30年。

4.4 压缩空气储能系统应在并网发电运行一年内完成性能试验。

5 系统分类

5.1 压缩空气储能系统按补充能量方式可分为:

一非补热式压缩空气储能系统,由压缩储能系统、储气系统、储换热系统、膨胀释能系统、仪表与

控制系统、电气系统及其他辅助和附属设施组成,两种典型结构分别见附录 A 的 A.1 和 A.2;
— 补热式压缩空气储能系统,由压缩储能系统、储气系统、补热设备与系统、储换热系统、膨胀释能系统、仪表与控制系统、电气系统及其他辅助和附属设施组成,三种典型结构分别见 A.3~A.5。

5.2 压缩空气储能系统按膨胀机组额定功率等级可分为:

- 小型压缩空气储能系统,膨胀机组额定功率小于 10 MW;
- 中型压缩空气储能系统,膨胀机组额定功率不小于 10 MW,且小于 100 MW;
- 大型压缩空气储能系统,膨胀机组额定功率不小于 100 MW。

6 系统性能

6.1 膨胀释能时间

压缩空气储能系统在额定功率下的膨胀释能时间宜不小于 2 h。

6.2 能量

压缩空气储能系统充电能量应不小于额定充电能量,放电能量应不小于额定放电能量。

6.3 循环综合效率

小型压缩空气储能系统循环综合效率宜不低于 55%,中型压缩空气储能系统循环综合效率宜不低于 60%,大型压缩空气储能系统循环综合效率宜不低于 65%。

6.4 循环电效率

小型压缩空气储能系统循环电效率宜不低于 50%,中型压缩空气储能系统循环电效率宜不低于 55%,大型压缩空气储能系统循环电效率宜不低于 60%。

注:不含液态压缩空气储能系统。

6.5 静置耗电量

压缩空气储能系统静置耗电量应不大于额定静置耗电量。

6.6 放电爬坡率

补热式压缩空气储能系统放电爬坡率应不小于每分钟膨胀机组额定功率的 3%,非补热式压缩空气储能系统放电爬坡率应不小于每分钟膨胀机组额定功率的 10%。

7 压缩储能系统

7.1 压缩储能系统应由进气空气过滤系统、压缩机组系统、换热分离系统、放空消音系统以及压缩机组仪表及控制系统组成。

7.2 进气空气过滤系统整体压降应不超过 500Pa,2 μm 以上颗粒去除率应不低于 99.5%。

7.3 压缩机组系统可采用透平式压缩机组或容积式压缩机组。透平式压缩机组总体性能应满足 JB/T 6443(所有部分)要求,容积式压缩机组总体性能应满足 GB/T 25357 要求。

7.4 压缩机组用电机的额定功率应不低于压缩机组额定轴功率的 110%。

7.5 各段压缩机之间的换热分离系统宜设置气水分离器。

7.6 压缩机流量与末级排气压力应与储气系统工作上限压力、充电能量及压缩储能阶段运行时间相

匹配。

7.7 压缩机型式应与空气流量、压比以及储换热系统需求的排气温度等相配合,型式满足以下要求:

- a) 当进气流量小于 $23\ 500\ \text{m}^3/\text{min}$ 时,宜采用单线压缩模式,压缩机按流量从小至大分别采用容积式压缩机、离心式压缩机和轴流式压缩机;
- b) 当压缩机首段进气流量不小于 $23\ 500\ \text{m}^3/\text{min}$ 时,首段机组宜采用两台及以上压缩机并联的方案,当选择多线并联时,单线流量满足实际流量的 1.05倍。

7.8 串联压缩机设备的末级排气压力应基于储气系统工作上限压力确定,末级排气压头余量宜不低于 5%。

8 储气系统

8.1 储气系统应由储气装置(承压设备或者地质空间)、进出口管道、隔断阀、安全阀等设备组成。

8.2 储气系统应根据极限承压压力评估确定储气系统极限承压压力,储气系统工作上限压力应小于储气系统极限承压压力。

8.3 储气系统的容量与工作上限压力应满足压缩空气储能系统的储气容量及压力要求,储气系统工作压力区间内应能安全稳定运行。

8.4 储气系统工作压力区间应满足膨胀释能系统空气入口正常工作要求,且应附加储气系统至膨胀释能系统入口的沿程阻力和各种其他因素引起的压力损失。

8.5 储气系统的储气量应满足一个储能周期内膨胀释能系统运行所需要的压缩空气用量要求,应叠加充放气过程的温度波动影响。

8.6 储气系统应装设紧急泄压管及安全阀,与进气总管、排气总管之间应装设隔断阀。

8.7 储气系统与膨胀释能系统之间宜装设压缩空气杂质脱除装置。

8.8 人造承压设备采用压力容器形式时,设备应满足 GB/T 150(所有部分)要求;采用管道形式时,设备应满足 GB 50251要求。采用碳素钢和合金钢制造人造承压设备时,许用应力应不高于材料屈服强度的 0.8倍。人造承压设备的内壁宜进行涂层等防腐蚀处理。

8.9 储气系统宜装设形变、泄漏、可燃易爆气体检测等监测装置,具备在线监测与报警功能。

8.10 充放气流速应校核最大压降率因素,且满足储气系统的允许形变范围及结构稳定性要求。

9 储换热系统

9.1 储换热系统应由换热器、热载体、储热系统、热载体输送泵及相关附属管道等组成。

9.2 换热器的换热能力应满足压缩空气储能系统的温度、压力、流量等要求,换热器可采用钢制、铝制等材料制作,类型可为管壳式、板翅式、板式等。

9.3 钢制换热器耐用性和安全性能应满足 GB/T 150(所有部分)或 JB/T 4732要求,铝制换热器耐用性和安全性能应满足 JB/T 4734要求。管壳式耐用性和安全性能应满足 GB/T 151要求,绕管式耐用性和安全性能应满足 NB/T 10938要求,板式耐用性和安全性能应满足 NB/T 47004(所有部分)要求,板翅式耐用性和安全性能应满足 NB/T 47006要求。

9.4 各类换热器的换热面积余量应不小于 10%。

9.5 换热器的换热效率宜不低于 98%。

9.6 热载体可采用软化水、有机热载体、熔融盐等,应具有流动性,其物理化学性能参数应具有长期稳定性。

9.7 热载体储罐容积应不小于热载体最大充装容积的 110%。

9.8 储罐材料应满足热载体特性、温度及压力等要求,罐体厚度与焊接接头在设备使用寿命周期应满

足热载体工作压力、工作温度和耐蚀性等要求。

9.9 储热系统的热损失每天宜不高于 2%。

9.10 冷、热载体输送泵的额定流量应不小于换热器额定流量的 110%。

9.11 冷、热载体输送泵应设有备用,当单台停用时,其余输送泵输送能力应不小于输送系统总流量。

10 膨胀释能系统

10.1 膨胀释能系统应由膨胀机、进气系统、排气系统、发电机、控制系统及相关附属设备组成。

10.2 膨胀释能系统应满足膨胀释能阶段功率与放电能量的要求,并应根据储气系统工作上限压力和下限压力、储气容量确定。

10.3 膨胀机进气管路宜设置压缩空气湿度、粉尘、盐分、颗粒物等杂质监测与脱除装置及可燃易燃气体的检测装置。

10.4 膨胀机应根据功率、空气进口压力和温度等因素选用径流式或轴流式。

10.5 排气系统管路应具备防止冷空气倒流入膨胀机的功能。

10.6 发电机和膨胀机的容量应相互匹配,发电机性能应满足 GB/T 7064 要求。

10.7 膨胀机宜具备 30%~100% 负荷调节能力。

11 电气系统

11.1 电气系统应由压缩机电气系统、膨胀机电气系统、励磁系统和站用电源系统组成。

11.2 压缩空气储能系统的并网点应安装可闭锁、具有明显开断点、可实现可靠接地功能的开断设备,可就地或远程操作。

11.3 发电机出口断路器或负荷开关以及压缩机电动机断路器的频繁操作特性应与电站的运行工况和寿命相匹配。

11.4 压缩空气储能系统的高压站用电系统,高压站用电的电压宜采用 3 kV~10 kV 中性点不接地方式,并与压缩机电动机额定电压匹配;低压站用电的电压宜采用 380V 动力和照明网络共用的中性点直接接地方式。

11.5 压缩空气储能系统的直流电源蓄电池组容量应满足以下要求:

- a) 站用交流电源事故停电时间不低于 1 h;
- b) 满足交流不间断电源直流负荷的时间要求。

11.6 压缩空气储能系统的主变压器继电保护应满足膨胀释能发电及压缩储能充电不同工况的要求。

11.7 压缩空气储能系统的继电保护及安全自动装置的配置及技术要求应满足 GB/T 14285、GB/T 40594、GB/T 50062、DL/T 1870 和 DL/T 5506。

11.8 压缩空气储能系统的励磁系统在发电机变压器高压侧短路时能正常工作,其性能应满足 DL/T 843 要求。

11.9 压缩空气储能系统的调度自动化及通信配置应满足 DL/T 5003、DL/T 544 要求。

11.10 压缩空气储能系统的调度数据网络接入设备和网络安全防护应满足 DL/T 5364、GB/T 36572 要求。

11.11 压缩空气储能系统的电气测量仪表可采用直接式仪表测量、一次仪表测量或二次仪表测量,其配置及性能满足 GB/T 50063 要求。

11.12 压缩空气储能系统的电能计量系统应具备自动采集、处理传输、整理、统计、存储等功能,其性能满足 DL/T 5202 要求。

11.13 压缩空气储能系统的同步相量测量装置应具备机组运行状态监视告警功能,其性能满足

DL/T 1402要求。

12 仪表与控制系统

12.1 仪表与控制系统应具备机组启停控制、正常运行、异常工况下事故处理和紧急停机的功能。

12.2 压缩空气储能系统及辅助车间宜采用全厂集中控制的方式。

12.3 压缩空气储能系统应具备紧急停机功能。在控制盘(台)上应装设独立于任何机组保护系统和机组控制系统的硬接线后备手动操作装置,实现以下功能:

- a) 关闭储气系统出口切断阀;
- b) 膨胀机打闸;
- c) 发电机打闸;
- d) 压缩机组打闸;
- e) 启动主机系统各交流润滑油泵;
- f) 启动主机系统各直流润滑油泵。

12.4 仪表与控制系统宜采用分散控制系统,宜设置机组级顺序控制。

12.5 仪表与控制系统的硬件和软件配置及应用功能应满足 GB/T 36293相关要求。

12.6 仪表与控制系统监测装置和仪表的设置应符合下列规定:

- a) 能检测主机设备及工艺系统在启动停止、正常运行、异常及事故工况下安全的参数;
- b) 根据危险场所分类,对于装设在爆炸危险区域的仪表和控制装置,选择防爆仪表和控制装置;
- c) 保护系统的检测仪表双重或多重冗余设置,重要模拟量控制回路的检测仪表双重或多重冗余设置。

12.7 压缩空气储能系统的膨胀释能系统机组应具备自动发电控制功能,该功能投入时,机组应能参与电网闭环自动发电控制。

12.8 压缩空气储能系统的分散控制系统、压缩机和膨胀机控制系统及重要的仪表装置,应有两路供电电源且互为备用;其中一路应采用交流不间断电源;两路电源应设置自动电源切投装置,切投时间应不影响仪表与控制系统的运行。

12.9 压缩空气储能系统应至少包含下列测点:

- a) 空气膨胀机进气温度;
- b) 空气膨胀机进气压力;
- c) 空气膨胀机再热进气温度;
- d) 换热器水侧出口温度;
- e) 空气压缩机各段进气温度;
- f) 空气压缩机各段进气压力;
- g) 空气压缩机流量。

13 系统性能试验

13.1 测量设备及测点布置

13.1.1 测量设备

测量设备应满足以下要求:

- a) 所有试验测量设备通过计量检定或校准,并在有效期内;
- b) 所有试验测量设备的测量范围覆盖被测量的测量范围;

- c) 压力、温度、流量、湿度、转速、电能或电功率等测量设备精度满足表 1 要求；
- d) 数据采集装置的最大允许误差为 $\pm 0.2\%$ 。

表 1 测量设备量程和精度

测量参数	测量设备	量程	精度
压力	压力变送器	校验范围	$\pm 0.075\%$
	绝对压力变送器	校验范围	$\pm 0.075\%$
温度	铂热电阻温度计	0 °C ~ 100 °C	$\pm 0.2\text{ °C}$
		100 °C ~ 350 °C	$\pm 0.2\%$
	热电偶温度计	$\leq 300\text{ °C}$	$\pm 1\text{ °C}$
		$> 300\text{ °C}$	$\pm 0.3\%$
差压	差压变送器	校验范围	$\pm 0.075\%$
流量	标准节流装置或其他流量测量装置	—	0.75% ~ 1.5%(流出系数)
	校验过的节流装置或其他流量测量装置	校验范围	0.2% ~ 0.4%(流出系数)
湿度	干湿球温度计、电子湿度计	—	$\pm 1.0\%$
转速	通过测量输出功率得到频率	—	$\pm 0.01\%$
	精密电子转数表	校验范围	$\pm 0.1\%$
电能或电功率	电压互感器	—	$\pm 0.2\%$
	电流互感器	—	$\pm 0.2\%$
	电能表、功率表等	—	$\pm 0.1\%$

13.1.2 测点布置

13.1.2.1 电能或电功率

电能或电功率测点应满足以下要求：

- a) 电能或电功率采用电能表或电功率表进行测量；
- b) 测量压缩空气储能系统充、放电能量或电功率，以及压缩空气储能系统静置耗电量或电功率的测点布置在变压器高压侧；
- c) 测量非生产厂用电量或电功率的测点布置在非生产厂用电相应变压器高压侧；
- d) 测量发电机输出电能或电功率的测点布置在发电机输出接线端，按照 GB/T 8117(所有部分)要求进行测量。

13.1.2.2 压力

压力测量应满足以下要求：

- a) 测量压缩机进、出口空气压力的测点按照 GB/T 25630规定的方法进行布置；
- b) 测量膨胀机进气压力的测点布置在主气阀前、靠近进气阀位置；
- c) 测量膨胀机排气压力的测点布置在流动稳定的排气管道上膨胀机排气接口 2倍管径位置；
- d) 测量储气装置进口压力的测点布置在空气压缩系统与储气系统接口管道；
- e) 测量储气装置出口压力的测点布置在储气系统与膨胀释能系统接口管道；
- f) 对于采用压力容器的储气系统，测量储气系统压力的取样点位于储气系统本体，同一组相连装

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/498052105054006115>