|  |
| --- |
|  |

DB42

湖北省地方标准

DB42/T XXX-YYYY

|  |
| --- |
|  |

压缩空气储能电站调试及试验技术规范

第1部分：控制系统试验

|  |
| --- |
|  |
| Specification of commissioning and test for Compressed Air  Energy Storage Power Station  Part 1: Control System |
| （征求意见稿） |

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

湖北省市场监督管理局   发布

目  次

[前言.................................................................................. .II](#_Toc320020893)

1 范围................................................................................ .1

2 规范性引用文件....................................................................... 1

3 术语和定义........................................................................... 1

4 控制系统测试条件.....................................................................2

5 功能测试.............................................................................3

6 性能测试.............................................................................3

7 资料文档验收.........................................................................4

8 完好率及可用率考核...................................................................4

9 标准实施及评价.......................................................................5

附录A（规范性） 运行班志摘抄表.........................................................7

附录B（规范性） 开关量控制系统功能测试记录表...........................................8

附录C（规范性） 部分开关量控制系统的验收测试项目.......................................9

附录D（规范性） 开关量控制系统性能测试记录............................................10

附录E（规范性） 负荷变动试验记录表....................................................11

附录F（规范性） 机组模拟量控制系统投运情况一览表......................................13

附录G（资料性） 湖北省地方标准实施信息及意见反馈......................................14

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》给出的规则起草。

本文件是DB42/T XXX《压缩空气储能电站调试及试验技术规范》的第1部分。

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。

本文件由湖北省能源标准化技术委员会提出。

本文件由湖北省能源标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：国网湖北省电力有限公司电力科学研究院、\*\*\*、\*\*\*。

本文件主要起草人：\*\*\*、\*\*\*、\*\*\*。

本文件实施应用中的疑问，可咨询湖北省能源标准化技术委员会，联系电话：027-88230280，邮箱：hbnymsc@163.com；或者牵头起草单位国网湖北省电力有限公司电力科学研究院，联系电话：027-83688271，邮箱：xuwb@hb.sgcc.com.cn。对本文件的有关修改意见建议请反馈至湖北省能源标准化技术委员会，联系电话：027-88230280，邮箱：hbnymsc@163.com；或者行业主管部门，联系电话：027-\*\*\*\*\*\*\*\*，邮箱：\*\*\*\*\*\*@163.com；或者湖北省市场监督管理局，联系电话：027-87811019，邮箱：[hbbzhc@163.com](mailto:hbbzhc@163.com)。

压缩空气储能电站调试及试验技术规范

第1部分：控制系统试验

1 范围

本标准规定了压缩空气储能电站控制系统验收测试的内容、方法及应达到的技术要求。

本文件适用于额定放电功率100MW及以上且额定放电容量不低于200MWh的压缩空气储能电站。其他功率等级和容量的压缩空气储能电站可参考执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 36293 火力发电厂分散控制系统技术条件

GB/T 43687 电力储能用压缩空气储能系统技术要求

GB/T 3853 容积式压缩机验收试验

DL/T 656 火力发电厂汽轮机控制及保护系统验收测试规程

DL/T 658 火力发电厂开关量控制系统验收测试规程

DL/T 659 火力发电厂分散控制系统验收测试规程

DL/T 657 火力发电厂模拟量控制系统验收测试规程

DL/T 5190.4 电力建设施工技术规范 第4部分：热工仪表及控制装置

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

压缩空气储能电站 compressed air energy storage power plant

以空气为储能介质，在电网负荷低谷期存储电能、电网负荷高峰期释放电能的工厂。

3.2

开关量控制系统 on-off control system

实现压缩机、透平机、发电机及其辅助设备启、停或开、关的操作及对某一工艺系统或主要辅机按一定规律进行控制的控制系统，包括顺序控制系统。

3.3

模拟量控制系统 modulating control system; MCS

通过前馈和反馈等作用对储能、释能环节的过程参数进行连续自动调节的控制系统的总称，包括过程参数的自动补偿和计算、自动调节、控制方式无扰切换及偏差报警等功能。

3.4

子功能组级控制 function subgroup control

把某一辅机及其附属设备或某一局部工艺系统看作一个整体的控控制，如润滑油泵、顶轴油泵的控制。

3.5

功能组级控制 function group control

把工艺上相互联系，实现某一工艺功能要求，并且有连续不断地顺序控制特征的设备作为一个整体的控制，如冷却水控制。

3.6

机组自启停控制系统 automatic plant startup and shutdown system APS

实现机组全过程自动启动和实现机组全过程自动停运的综合管理、控制系统。它系统而有序地管理、控制机组顺序控制系统、模拟量控制系统、压缩空气储能系统、储换热系统、膨胀发电系统、空气膨胀机数字式电液控制系统，并按预先设定的程序控制机组内各设备的启动、停止和运行状态，最终实现自动启动或自动停运。

3.7

控制子系统 control subsystem

构成模拟量控制系统的主辅机参数的调节系统，主要包括各级压缩机入口温度控制系统、压缩机压比控制系统、储气室压力控制系统、储热罐压力控制系统、透平机入口空气温度控制系统等。

3.8

动态品质指标 transient performance specification

控制系统在受到内外扰动时，动态调节过程中被调参数偏离新给定值的允许偏差指标。

3.9

稳态品质指标 steady-state performance specification

系统无明显内外扰动时，被调参数偏离给定值的允许偏差及对控制系统稳定性的要求。

3.10

过渡过程衰减率 decay ratio

定值扰动试验中，被调参数首次过调量（M1）与第二次过调量（M2）的差值与首次过调量（M1）之比，用ψ=（M1-M2）/M1表示。

3.11

稳定时间 settling time

从扰动试验开始到被调参数进入新稳态值的允许偏差范围内不再越出时的时间。

3.12

超调量 overshoot

对于阶跃响应，为偏离输出变量最终稳态值的最大瞬时偏差，通常以最终稳态值与初始稳态值之差的百分数表示。

4 控制系统测试条件

4.1 开关量控制系统测试条件

开关量控制系统验收测试前应满足下列条件。

a）开关量控制装置、变送器、过程开关和执行器等部件的安装和调试质量应符合DLT/ 5190.4-2019的要求。

b）与开关量控制系统相关的电源、气源、接地、环境条件符合DL/T 5190.4-2019的要求。

c）开关量控制系统运行过程中的运行记录完整。运行记录应包括系统动作、停用及故障处理、在线试验等情况。运行记录填入表A.1中。

d）开关量控制系统设计说明、校验报告、单体试验单、联锁试验单、保护定值清单，各项记录齐全、有效。

4.2 模拟量控制系统验收测试条件

模拟量控制系统最终验收测试应满足下列条件。

a）与MCS有关的主、辅设备可控且有调节裕量，机组负荷能全工况正常变动。

b）实现MCS的分散控制系统已符合DL/T 659的要求。

c）与MCS相关的热工自动化现场设备完好，安装和调试质量符合DL/T 5194.4的要求。

d）与MCS自动化设备相关的电源、气源、接地、环境条件安装和调试质量符合DL/T 5190.4的要求。

e）压缩机控制系统已完成功能验收测试。

f）空气透平控制系统已完成功能验收测试。

g）机组数据采集系统调试完成，各参数准确可用。

5 控制系统功能测试

5.1 开关量控制系统功能测试

a）机组的全部开关量控制系统均应进行功能测试，记录填入表B.1中。必要时，验收方可以进行抽检。

b）开关量控制系统逻辑应满足设计要求，整定值（动作值、返回值、延时值等）应符合要求。

c）应尽量采用实动试验，如不满足实动测试条件，可采用模拟方法进行测试。

d）开关量控制系统的验收测试项目可参见附录C。

5.2 模拟量控制系统功能测试

a）各MCS控制系统具备无扰切换功能，包括执行器手动/自动方式无扰切换、空气透平的远方/就地方式无扰切换、机组运行方式的无扰切换等。

b）MCS应具备偏差报警功能并能正确显示和送入相关控制保护回路，包括测量信号偏差报警、执行器偏差报警、调节器偏差报警等。

1. MCS应包含方向性闭锁保护功能，如储气室压力高/低闭锁减/增负荷指令等。

6 控制系统性能测试

6.1开关量控制系统性能测试

6.1.1开关量控制系统性能测试记录填入附录表D.1中，必要时可进行抽检。

6.1.2开关量信号性能测试

a）选取2%～5%具有代表性的输入、输出通道进行检查，开关量信号查询电压动作到规定动作值时，开关量信号应翻转。

b）开关量仪表抽查测试：接入跳闸回路的开关量仪表应抽查测试，且各项指标均应合格。

c）检查、测试影响机组安全的冗余开关量信号，其冗余功能应正确、可靠。

d）对独立于分散控制系统的操作回路应进行检查测试。

6.1.3开关量控制回路可靠性的性能测试

a）控制系统中通过硬接线和网络通信两种方式实现的开关量信号，应检查任一信号故障或丢失时控制系统动作的正确性。

b）检查测试重要开关量信号的事件追忆及历史数据存储性能、跳闸顺序及分辨率性能测试。

c）测试重要联锁保护的系统动作时间应满足系统工艺要求。

d）在失电、失气及恢复供电、供气的过程中，开关量控制系统的设备应能向确保工艺系统和设备安全的方向动作。

* 1. 模拟量控制系统性能测试

6.2.1负荷变动试验

a）机组应具备全负荷调节能力，试验时负荷指令以不低于10%Pe/min的变化速率，ΔP=30%Pe的负荷变动量进行单方向变动试验；待机组负荷及各主要参数稳定运行5min后，再进行反方向的变动试验；增减负荷试验各进行1～3次，可选择其中一次的试验数据作为验收测试结果，填入附录E.1中。

b）当机组运行工况稳定后，应分别记录机组各主要参数变化曲线并记录。

c）负荷变动试验时，各MCS子系统被调参数的动态、稳态品质指标应满足附录E.2的要求。

6.2.2 性能测试

最终验收测试时应由考核方根据被考核方提供的调试报告情况，确定对MCS全部重新进行测试，或只进行部分抽查测试。

7 资料文档验收

7.1 开关量控制系统资料文档验收

a）开关量控制系统管理规定。

b）系统逻辑图、说明书齐全，图纸资料电子化，并有备份存档。

c）开关量控制系统调试报告。

d）开关量控制系统逻辑及定值的修改资料。

7.2 模拟量控制系统资料文档验收

a）最终验收测试时，应提供MCS的调试报告。报告内容应包括主辅设备概述、MCS简要说明、调整试验经过、主要修改记录、控制系统对象特性（必要时）、调节阀的流量特性（必要时）、系统中主要整定值，表明调节品质指标的内外扰动下的过渡过程曲线、结论和存在问题等。

b）最终验收测试时，应提供负荷变动试验报告。报告内容应包含机组主控简要说明、负荷变动试验过程的描述、主要修改记录、系统中主要整定值、结论和存在问题等。

c）新建机组完成7个连续充放电周期后，应提供期间MCS可用率统计运行记录和机组主要参数全过程曲线记录。

8 完好率及可用率考核

8.1开关量控制系统完好率考核

8.1.1输入、输出点的完好率

a）开关量控制系统输入、输出点的完好率应达到100%。

b）输入、输出点的完好率计算方法如下：

F=（R/K）×100% （1）

式中：R-抽样检查时合格的输入、输出点数；

K-总抽样检查点数，抽样检查点数不应少于系统总数的5%。

8.1.2 开关量控制系统的完好率

a）开关量控制系统的完好率可分为每套开关量控制系统的完好率（Fi）和整个机组开关量控制系统的完好率（F）。整个机组开关量控制系统的完好率不应小于90%。

b）完好率的统计工作自整套系统投入工作后即可开始进行。

c）完好率的统计期不应少于90d，开关量控制系统使用次数达到5次及以上，若在此期间，开关量控制系统从未发生不正确动作的视为合格；若在此期间，统计计算结果完好率不合格，可将统计使用次数延长10次；如果仍超过规定，则系统完好率判定为不合格。

d）完好率可按式（2）和式（3）计算，即

Fi=（ni/Ni）×100% （2）

F=（Σni/ΣNi）×100% （3）

式中：ni-第i套开关量控制系统成功使用的次数；

Ni-第i套开关量控制系统使用的总次数。

8.2 模拟量控制系统可用率考核

a）MCS投入试用运行起，开始考核其可用率。考核统计时间：机组验收测试考核统计时间不得少于60d。

b）MCS“统计套数”原则：应有特定的被调量及由PID（或其他）调节器形成的闭环调节回路。

c）单套MCS的可用率Ai计算应按式（3）进行：

Ai=（tai/tt）×100% （3）

式中：tai-被统计的第i套系统达到模拟量控制系统品质指标后累计投入自动运行的时间，h；

tt-机组运行在该系统应投入自动的负荷范围内时间，h。

d）MCS的总可用率A计算应按式（4）进行：

（4）

式中：ni-被统计的第i套系统的统计套数；

N-机组MCS总套数。

e）在电站连续充放电7个周期内，式（4）中的A应不少于90%；最终验收前，A应不少于90%。

1. 可用率统计数据填入附录F.1中。

9 标准实施及评价

9.1　结合实际，认真做好标准实施准备，包括标准实施的方案准备、组织准备、知识准备、手段准备和物质条件准备等。

9.2　制定标准实施方案，明确适用对象和场景、提供实施必备条件和保障（组织、制度、资金、人员和设备仪器等）、推荐方法路径，确定资源要素配置、关键环节和控制点，提出标准实施中的注意事项。

9.3　针对标准相关方（建设单位、调试单位和厂家）和具体对象/岗位人员进行标准宣贯和培训，结合标准要求，落实责任制，做到横向到边，纵向到底。

9.4　标准实施主要在工程建设、技术改造、服务管理等活动中开展。其中，工程建设、技术改造活动标准实施的重点是落实国家的环境保护、健康、卫生、安全的要求；落实国际单位制的要求；落实供电和供能技术体制等要求。产品研制活动标准实施的重点是落实产品开发、功能性能、质量、安全、技术体制、接口、节能环保、资源节约、维护和维修等要求。

9.5　标准实施的检查主要是检查标准实施方案的落实情况，需要逐条检查标准实施内容的落实，并记录未实施内容的理由或原因。标准实施检查也要检查标准实施的支持手段和物质条件的落实情况。做好标准实施验证记录，畅通标准实施信息采集的方式方法和反馈渠道，定期整理并处理收集到的意见建议。

9.6　在标准实施一定时间后，对照标准实施方案，开展标准实施效果评价分析，总结实施经验成效，梳理存在的薄弱环节。对标准实施评价的基本依据是《中华人民共和国标准化法》等。标准实施的评价主要是评价标准实施的效果，主要从技术进步、质量水平提高、客户满意度、规范秩序、效率提高、节约费用、节省时间、履行社会责任等方面进行有益性评价，同时还要评价标准实施带来的问题，以便为未来改进提供参考。

9.7　适时向专业标准化技术委员会和标准归口管理单位反馈情况，提出标准推广、修改、补充、完善或者废止等意见建议。

9.8　标准实施信息及意见反馈表相关示例见附录G。

附 录 A

（规范性附录）

表A.1 运行班志摘抄表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 日期/时间 | 开关量控制系统动作内容 | 动作原因 | 是否正确动作 | 班次 | 备注 |
|  | 硬手操停机按钮动作 |  |  |  |  |
|  | 压缩机轴位移过大 |  |  |  |  |
|  | 压缩机轴振动过大 |  |  |  |  |
|  | 齿轮箱轴位移过大 |  |  |  |  |
|  | 齿轮箱轴振动过大 |  |  |  |  |
|  | 主电机轴振动过大 |  |  |  |  |
|  | 压缩机轴温过高 |  |  |  |  |
|  | 齿轮箱轴瓦温度过高 |  |  |  |  |
|  | 主电机轴瓦温度过高 |  |  |  |  |
|  | 主电机定子温度过高 |  |  |  |  |
|  | 润滑油总管压力过低 |  |  |  |  |
|  | 润滑油箱液位过低 |  |  |  |  |
|  | 压缩侧换热器故障 |  |  |  |  |
|  | 各段压缩机任一保护动作 |  |  |  |  |
|  | 轴向位移过大 |  |  |  |  |
|  | 高中压胀差过大 |  |  |  |  |
|  | 低压胀差过大 |  |  |  |  |
|  | 轴振过大 |  |  |  |  |
|  | 润滑油压过低 |  |  |  |  |
|  | 润滑油箱液位过低 |  |  |  |  |
|  | 抗燃油压过低 |  |  |  |  |
|  | 支持轴承巴氏合金温度过高 |  |  |  |  |
|  | 推力轴承推力瓦温度过高 |  |  |  |  |
|  | 高压外缸排气口处温度过高或过低 |  |  |  |  |
|  | 中压排气温度过高 |  |  |  |  |
|  | 低压排气温度过高 |  |  |  |  |
|  | 发电机轴瓦温度过高 |  |  |  |  |
|  | 发电机保护动作 |  |  |  |  |
|  | 热载体输送泵均停 |  |  |  |  |

摘抄人： 摘抄时间：

附 录 B

（规范性附录）

表B.1 开关量控制系统功能测试记录表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 开关量控制系统 | 测试内容 | 功能测试要求 | 结论 | 资料来源 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

测试人员： 测试日期：

附 录 C

（规范性附录）

部分开关量控制系统的验收测试项目

C.1 执行机构逻辑功能测试

C.1.1 远方开关操作功能测试

C.1.2 联锁开关功能测试

C.2 压缩机功能组测试

C.2.1 设备启停功能测试

C.2.2 联锁、保护动作功能测试

C.3 换热器能组测试

C.3.1 换热器投入、退出功能测试

C.3.2 换热器联锁、跳闸功能测试

C.4 透平机各油系统功能测试（抗燃油、润滑油）

C.4.1 各油泵启停功能测试

C.4.2 各油泵联锁、跳闸功能测试

C.4.3 各油泵重合闸功能测试

C.5 机、电连锁功能测试

本试验应在启动前完成，动作正确，并有显示信息及动作情况记录。

C.6 机组自起停控制系统（APS）功能测试

C.6.1 压缩机组自启停功能测试，包含压缩侧储换热系统自起停功能测试

C.6.2 膨胀发电机组自启停功能测试，包含释能侧储换热系统自起停功能测试

附 录 D

（规范性附录）

表D.1 开关量控制系统性能测试记录表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 检查测试内容 | 要求 | 结论 | 资料来源 |
| 输入/输出通道特性 | 2%～5%抽查 | 合格 |  |  |
| 过程控制开关 | 测量范围选择 | 合格 |  |  |
| 准确度 | 合格 |  |  |
| 动作曲线 | 合格 |  |  |
| 开关量信号及网络通信可靠性 | 重要开关量系统 | 三取二逻辑实现 |  |  |
| 重要网络通信信号 | 坏质量报警、保护 |  |  |
| 重要开关量信号通道 | 硬接线和通信冗余配置 |  |  |
| 重要辅机停运 | 设有独立与DCS，直接到电气设备实现的停运按钮及事故备用按钮 |  |  |
| 事件追忆 | 设备启停 | 可进行事件追忆 |  |  |
| 重要开关量信号动作 | 可进行事件追忆 |  |  |
| 记忆分辨率 | 跳闸首出 | 准确 |  |  |
| SOE分辨率 | ≤1ms |  |  |
| 动作时间 | 重要保护动作 | 满足系统工艺要求 |  |  |
| 综合评价 | I/O接入率J | J≥99.9% |  |  |
| I/O完好率F | J≥100% |  |  |
| 整机控制系统完好率F | J≥90% |  |  |

附 录 E

（规范性附录）

表E.1 负荷变动试验记录表

|  |  |
| --- | --- |
| 指标类型 | 记录值 |
| 负荷指令变化速率%Pe/min |  |
| 实际负荷变化速率%Pe/min | 允许值：10%Pe/min |
| 实测值： |
| 负荷响应纯迟延时间 | 允许值：20s |
| 实测值： |

表E.2 MCS子系统性能测试记录表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 控制系统 | 被调量 | 扰动量 | 稳定时间 | | 衰减率 | |
| 允许值 | 实测值 | 允许值 | 实测值 |
| 主气温控制系统 | 主气温度 | ±5℃ | 10min |  | 0.8~0.9 |  |
| 中压进气温度控制系统 | 中压进气温度 | ±5℃ | 10min |  | 0.8~0.9 |  |
| 低压进气温度控制系统 | 低压进气温度 | ±5℃ | 10min |  | 0.8~0.9 |  |
| 有功功率控制系统 | 有功功率 | ±5%Pe | 30s |  | 0.9~0.95 |  |
| 压缩侧高温水温度控制系统 | 高温水温度 | ±5℃ | 10min |  | 0.8~0.9 |  |
| 高温水泵组出口压力控制系统 | 高温水泵组出口压力 | ±0.5KPa | 1min |  | 0.8~0.9 |  |

附 录 F

（规范性附录）

表F.1 机组模拟量控制系统投运情况一览表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 系统名称 | 首次投入时间 | 连续7个充放电周期前投运时间 | 连续7个充放电周期期间投运时间 | 最终验收测试时的投运时间 | 单个系统可用率 |
| 1 | 主气温控制系统 |  |  |  |  |  |
| 2 | 中压进气温度控制系统 |  |  |  |  |  |
| 3 | 低压进气温度控制系统 |  |  |  |  |  |
| 4 | 有功功率控制系统 |  |  |  |  |  |
| 5 | 压缩侧高温水温度控制系统 |  |  |  |  |  |
| 6 | 高温水泵组出口压力控制系统 |  |  |  |  |  |

总系统可用率：A= %

附录G  
（资料性）  
湖北省地方标准实施信息及意见反馈表

湖北省地方标准实施信息及意见反馈表如表G.1所示。

表C.1湖北省地方标准实施信息及意见反馈表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准名称及编号 | |  | | | |
| 总体评价 | 适用性 | | 该标准与当前所在地的产业或社会发展水平是否  相匹配？ | | □是 □否 |
| 协调性 | | 该标准的特色要求与其他强制性标准的主要技术指标、相关法律法规、部门规章或产业政策是否协调？ | | □是 □否 |
| 执行情况 | | 标准执行单位或人员是否按照标准要求组织开展  相关工作？ | | □是 □否 |
| 实施信息 | 标准实施过程中是否存在阻力和障碍？ | | | | □是 □否 |
| 实施过程中存在的主要问题 | | |  | |
| 修改意见 | 总体意见 | | □适用 □修改 □废止 | | |
| 具体修改  意见 | | 需修改章节：  具体修改意见： | | |
| 反馈渠道 | □标准化行政主管部门  □省直行业主管部门  □专业标准化技术委员会（工作组）  □标准起草组（牵头起草单位） | | | | |
| 反馈人 | 姓名： 单位： 联系方式： | | | | |

填表说明：为及时掌握标准实施情况，了解地方标准实施过程中存在的问题，并为标准复审提供科学依据，特制定《湖北省地方标准实施信息及意见反馈表》。可根据实际情况在表格中对应方框打勾，有需要文字说明的反馈意见可在相应位置进行文字描述，也可另附页。