ICS 45.020

CCS P65

团体标准

T/CECS ×××××—202×

城市轨道交通飞轮储能系统技术条件

**Technical conditions of flywheel energy storage system for urban rail transit**

（征求意见稿）

202×-××-××发布 202×-××-××实施

中国工程建设标准化协会 发 布

# 目 次

[前 言 IV](#_Toc183504069)

[1 范围 1](#_Toc183504070)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc183504071)

[3 术语和定义 2](#_Toc183504072)

[4 环境条件 2](#_Toc183504073)

[5 供电条件 3](#_Toc183504074)

[6 系统构成 3](#_Toc183504077)

[7 技术要求 4](#_Toc183504078)

[8 检验方法 9](#_Toc183504109)

[9 检验总则 14](#_Toc183504141)

[10 标志、包装、运输和储存 16](#_Toc183504150)

[参 考 文 献 18](#_Toc183504159)

# 前 言

本标准按照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》和GB/T 20001.10-2014《标准编写规定 第10部分：产品标准》的规定起草。

本标准是按中国工程建设标准化协会《关于印发<2023 年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2023〕50号）的要求进行编制。

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。

本标准由中国工程建设标准化协会提出。

本文件由中国工程建设标准化协会电气专业委员会归口管理。

本标准负责起草单位： 中铁第四勘察设计院集团有限公司。

本标准参加起草单位：

本标准主要起草人：

本标准主要审查人：

城市轨道交通飞轮储能系统技术条件

# 1 范围

本文件规定了城市轨道交通牵引供电系统用飞轮储能装置的环境条件、供电条件、系统构成、技术要求、检验方法、检验总则等。

本标准适用于城市轨道交通飞轮储能系统。

# 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 191—2008 包装储运图示标志

GB/T 1094.6—2011 电力变压器　第6部分：电抗器

GB/T 1402—2010 轨道交通 牵引供电系统电压

GB/T 1804—2000 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差

GB/T 2423.1—2018 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2—2018 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.4—2018 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12h+12h循环）

GB/T 3859.1—2013 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-1部分：基本要求规范

GB/T 13422—2013 半导体变流器 电气试验方法

GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术条件

GB/T 36287—2018 城市轨道交通 列车再生制动能量地面利用系统

GB/T 24338.6—2018轨道交通 电磁兼容 第5部分：地面供电设备和系统的发射与抗扰度

GB/T 25890.3—2010 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第3部分：户内直流隔离开关、负荷开关和接地开关

GB/T 32350.1—2015 轨道交通 绝缘配合 第1部分：基本要求 电工电子设备的电气间隙和爬电距离

GBT 42313-2023 电力储能系统术语

DL/T 2528-2022 电力储能基本术语

# 3 术语和定义

GB/T 36287-2018、GB/T 42313-2023、DL/T 2528-2022界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

飞轮储能单元 flywheel energy storage unit

由飞轮转子（集成了电动和发电一体化双向电机转子功能）、电动和发电一体化双向电机定子、轴承系统、保护外壳等构成的储能单元装置。

3.2

飞轮变流器 flywheel converter

实现直流侧电能和交流侧电机动能双向转化的电力电子设备。

3.3

飞轮储能装置 flywheel energy storage device

飞轮储能单元及飞轮变流器和辅助设备组成系统的统称。

3.4

飞轮储能系统 flywheel energy storage system

实现电能与动能双向转化的储能系统，包括多台飞轮储能装置、系统控制器及其他辅助设备组成的系统统称

3.5

热备状态 hot standby state

飞轮转子转速处于工作转速区间，飞轮储能变流器随时可接受系统控制器的指令进行充放电操作的状态。

3.6

自耗散率 self-dissipation rate

飞轮变流器处于停机状态，飞轮储能装置转子由最高工作转速自由降速至最低工作转速的平均功率与额定充（放）电功率的比值，用百分比表示。

3.7

可用储能量 available stored energy

飞轮储能装置在最高工作转速储存的动能与最低工作转速时储存的动能差值。

3.8

充放电频次 charge and discharge frequency

飞轮储能系统在1h内以额定功率进行100%可用能量循环充放电工作的次数。

# 4 环境条件

工作环境温度：-10℃~40℃。

空气相对湿度：≤95%，无凝露。

海拔：≤2500m。

污秽等级：污秽等级为GB/T32350.1—2015中规定的PD2。

**注：**超出以上环境条件由供需双方协商确定。

# 5 供电条件

## 5.1 直流电压

5.1.1 直流母线电压标称值宜为DC750V和DC1500V。

5.1.2 直流电压适应范围应符合表1规定。

 表1 直流电压波动范围 单位为伏

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 最低电压 | 标称电压 | 最高持续电压 |
| 500 | 750 | 900 |
| 1000 | 1500 | 1800 |

如有特殊需求，由供需双方协商确定。

## 5.2 辅助电源

5.2.1 城市轨道交通飞轮储能系统的控制系统、保护系统等监控检测所需的辅助电源应采用DC220V或DC110V电源；防凝露加热、照明所需的辅助电源宜采用AC 220 V电源；真空系统和水冷系统、风冷系统宜采用AC 220 V或AC 380 V电源。

5.2.2 关键辅助电源宜采用具备UPS功能的后备电源。

# 6 系统构成

城市轨道交通飞轮储能系统由直流隔离开关、直流电抗器、飞轮变流器、真空系统、飞轮储能单元、能量管理单元以及冷却系统（注1）组成，其主电路典型拓扑结构如图1所示。



图1 城市轨道交通飞轮储能系统典型拓扑图

**注1：**冷却系统未在拓扑图中体现，根据实际现场和厂家设备情况，由供需双方协商确定。

# 7 技术要求

## 7.1 功能要求

### 7.1.1 回收电能功能

城市轨道交通飞轮储能系统应能将列车再生制动时产生的制动能量回收到飞轮储能系统的储能单元中。

### 7.1.2 稳定直流网压功能

在配置的功率范围内，城市轨道交通飞轮储能系统应能将直流母线电压稳定在预先设定的电压范围内。

### 7.1.3 通讯功能

7.1.3.1 城市轨道交通飞轮储能系统的能量管理单元应采用标准的数据通讯接口，数据通讯协议采用具有良好的通用性和开放性协议。

7.1.3.2 能量管理单元应能实现开关状态、故障信号的遥信功能；电流、电压和电能等数据的遥测功能。

7.1.3.3 能量管理单元应能将飞轮储能系统的故障信息上传变电所综合自动化系统并需带有时标，同时具有与综合自动化系统进行时钟同步的功能，对时方式为软件对时。

如有特殊要求，供需双方协商确定。

### 7.1.4 数据采集、事件记录及储存显示功能

7.1.4.1 城市轨道交通飞轮储能系统应具有数据采集功能，采集的信息应至少包括但不限于直流母线电压、直流侧电流、直流侧充放电功率、直流电能、飞轮转速、真空压力等参数。

7.1.4.2 城市轨道交通飞轮储能系统应能对各部件运行状态信息进行处理、显示并记录。设备运行状态信息应包含开关状态和系统故障信息，其中开关包括交流（低压）断路器、直流隔离开关、直流断路器等。

7.1.4.3 以上信息通过数据采集系统处理后，保存在本地装置中，存储时间大于30d，各项数据存储周期不小于1s，可实现USB等传输方式转存。

### 7.1.5 热待机功能

城市轨道交通飞轮储能系统应具有热待机功能，在断续周期工作制中，部分时间段无需能量转换，系统在此过程中应保持热待机状态，实时监测启动条件，以便系统能快速响应。

### 7.1.6 保护功能

7.1.6.1 城市轨道交通飞轮储能系统应具备完善的保护功能，当故障发生时应能及时触发保护装置或关闭系统以避免设备损坏或故障范围扩大。具体保护功能可由供需双方协商确定，但应至少具备如下保护功能：

a）直流母线侧及控制系统保护：

——直流母线过压保护；

——直流电流过流保护；

——冷却系统故障保护；

——框架泄漏保护等。

b）电机侧保护：

——电机定子过温保护；

——轴承过温保护；

——真空超压保护；

——转子超速保护；

7.1.6.2 城市轨道交通飞轮储能系统各柜体应具备门锁保护功能。

7.1.6.3 城市轨道交通飞轮储能系统应能将故障信息上传至变电所综合自动化系统。

7.1.6.4 城市轨道交通飞轮储能系统自身发生严重故障时，应主动分断对应的直流馈线柜断路器。

7.1.6.5 城市轨道交通飞轮储能系统应配置直流电抗器，以满足直流侧滤波要求，同时限制直流侧发生短路故障时的短路电流上升率。

### 7.1.7 安全联锁功能

7.1.7.1 为保障操作人员及维修人员的安全，保证城市轨道交通飞轮储能系统中各设备的安全运行，各组成设备之间应设置联锁、联跳、闭锁以及安全电压检测功能。

7.1.7.2 城市轨道交通飞轮储能系统的设备辅助电源失电或综合故障信号应有硬接点信号输出，应至少提供一对用于跳闸的触点。

7.1.7.3 城市轨道交通飞轮储能系统应提供外部故障联跳接点，用于系统外其他设备（或部位）发生严重故障时，联跳飞轮储能系统。

### 7.1.8 调试功能

城市轨道交通飞轮储能系统在仅提供辅助电源的情况下，应能通过控制设备实现系统模拟投入、退出以及待机等运行状态。

### 7.1.9 计量功能

城市轨道交通飞轮储能系统应具备对飞轮储能系统直流侧充放电电能进行双向计量功能。

### 7.1.10 能量管理功能

飞轮储能系统能量管理单元应具备能量管理功能，保证同一系统内多台飞轮均衡运行，能量管理功能包括但不限于SOC值均衡、充放电阈值调整、空载网压辨识、节能统计分析等功能。

## 7.2 性能要求

### 7.2.1 外观

系统内各设备外观、尺寸、重量、涂装等应由供需双方协商确定。

### 7.2.2 额定断续周期峰值功率和可用电量

7.2.2.1 飞轮储能系统的额定断续周期峰值功率应根据制动功率级相关经济性原则确定，典型值宜为 0.5 MW、1 MW、1.5 MW、2 MW、3MW、4MW、5MW、6MW等。

7.2.2.2 飞轮储能系统可用电量应满足7.2.15中的充放电频次性能要求。

### 7.2.3 门槛电压范围

7.2.3.1 城市轨道交通飞轮储能系统储存电能时的门槛电压应可调节。对于直流标称DC 750 V和DC 1500 V的两种电压制式，城市轨道交通飞轮储能系统的启动门槛电压U的可调范围应满足表2中的规定。

表2 城市轨道交通飞轮储能系统储能模式门槛电压范围 单位为伏

|  |  |
| --- | --- |
| 标称电压 | 储能模式门槛电压 |
| DC 750 | 空载电压+20＜U≤列车再生制动工况输出的最高电压值+30 |
| DC 1500 | 空载电压+20＜U≤列车再生制动工况输出的最高电压值+30 |

7.2.3.2 城市轨道交通飞轮储能系统释放能量时的启动门槛电压值应可调。对于直流标称为DC 750 V和DC 1500 V的两种电压制式，其释放能量时的启动门槛电压$U\_{D}$的可调范围应满足表3规定。

表3 城市轨道交通飞轮储能系统释放能量模式门槛电压范围 单位为伏

|  |  |
| --- | --- |
| 标称电压 | 释放能量模式门槛电压 |
| DC 750 | U≤空载电压-30 |
| DC 1500 | U≤空载电压-30 |

具体数据应根据实际线路情况，由供需双方协商确定。

7.2.3.3 城市轨道交通飞轮储能系统设定的门槛电压应保证线路正常运营时，线路列车正常运行时，直流牵引网电压不会过压或过低。

### 7.2.4 过压保护值

7.2.4.1 直流标称电压DC750V系统，城市轨道交通飞轮储能系统过压保护值不应高于1050 V；

7.2.4.2 直流标称电压DC1500V系统，城市轨道交通飞轮储能系统过压保护值不应高于2050V。

7.2.4.3 具体过压保护值应根据实际线路情况，由供需双方协商确定。

### 7.2.5 系统效率

应用于城市轨道交通的飞轮储能系统，充放电循环效率应不小于85%。

### 7.2.6 均衡性能

同一飞轮储能系统中多台飞轮储能装置并联工作时，多台飞轮储能装置之间转速均衡度应小于最高工作转速的2%；多台飞轮储能装置直流主回路额定电流均衡度应小于8%。

### 7.2.7 电磁兼容

飞轮储能系统的控制保护部件电磁兼容性应符合GB/T24338.6-2018的要求，试验性能判定等级不应低于C级，且不应影响信号的传输。

### 7.2.8 绝缘性能

**7.2.8.1** 飞轮储能系统工频耐压应符合下列规定：

a)在DC1500V供电制式下，飞轮储能系统主回路的工频耐压不应低于5.6 kV/min；

b)在DC750V供电制式下, 飞轮储能系统主回路的工频耐压不应低于3.8 kV/min；

c) 飞轮储能系统二次回路的工频耐压不应低于2kV/min。

**7.2.8.2** 飞轮储能系统的绝缘电阻应符合下列规定:

a)在 DC1500V供电制式下，逆变装置主回路绝缘电阻不应小于2MΩ；

b)在 DC750V供电制式下，变装置主回路绝缘电阻不应小于1MΩ。

c)飞轮储能系统二次回路的绝缘电阻不应小于0.5MΩ。

### 7.2.9 自耗散率

应用于城市轨道交通的飞轮储能系统，自耗散率应不大于1%。

### 7.2.10 绝缘安装和接地

应用于城市轨道交通的飞轮储能系统与直流系统相关的柜体应绝缘安装，并设置独立的框架泄露保护装置，设备柜体通过框架保护的电流元件接地，并与变电所内的其他直流设备共用同一接地装置。

### 7.2.11 防护等级

应用于城市轨道交通的飞轮储能系统中各柜体防护等级不应低于GB/T4208中规定的IP30。

### 7.2.12 温升

7.2.12.1 飞轮电机绕组和磁浮轴承绕组温升应满足GB 755的相关要求。

7.2.12.2 变流器组件温升应满足GB/T 3859.1的相关要求。

7.2.12.3 直流电抗器温升应符合GB/T 1094.6-2011中的温升限值规定。

### 7.2.13 噪声

在距离设备水平位置1m处，飞轮储能系统额定功率运行时A计权声压级噪声应不大于85dB（A）。

### 7.2.14 充放电时间性能

7.2.14.1 充（放）电响应时间

应用于城市轨道交通的飞轮储能系统，充电（放电）响应时间应不大于100ms。

7.2.14.2 充（放）电调节时间

应用于城市轨道交通的飞轮储能系统，放电响应时间应不大于150ms。

7.2.14.3充放电转换时间

应用于城市轨道交通的飞轮储能系统，充放电转换时间应不大于200ms。

### 7.2.15 充放电频次

应用于城市轨道交通的飞轮储能系统，以额定功率进行100%可用能量循环充放电频次应不小于30次/小时。

### 7.2.16 高低温性能和交变湿性能

7.2.16.1 飞轮变流器应进行高温存放试验、高温试验、低温存放试验、低温试验，试验完毕后，变流器能够正常工作。

7.2.16.2飞轮变流器应进行交变湿试验，实验完毕后，满足绝缘耐压要求。

### 7.2.17 安全性能

7.2.17.1 飞轮储能单元应具备机械危险防护措施，确保转子失稳时不对外界产生破坏性影响。

7.2.17.2 飞轮储能单元安装所用固定结构底板的厚度、承载力及水平度应符合产品技术要求。

7.2.17.3 飞轮储能系统应具有人身安全防护措施和警示标识，飞轮储能系统应能通过固定放电电阻或其他特定设备进行能量释放，在100min内，残压应能低于36V，以保证维修人员的人身安全。

### 7.2.18 其他技术要求

7.2.18.1 飞轮储能系统所选用的直流隔离开关应符合GB/T 25890.3-2010的要求。

7.2.18.2 直流电抗器绝缘等级应选用F级以上。

# 8 检验方法

## 8.1 外观检查

对照相关图纸对各设备进行外观检查。主要检查项如下：

——检查各柜体外表油漆及电镀应均匀光亮，紧固件应牢靠；

——检查各柜内所有元件、器件的规格型号以及安装位置和方法与图纸相符；

——确认端子号、标线号、装置号与配线图 、接线图相符；

——检查各柜内所有接线应正确．无松动和错接现象，所用电线、电缆的大小和电压等级应符合要求；

——确认柜内没有异物及杂物；

——确认门及门锁的开闭情况，操作应顺畅。

## 8.2 尺寸和公差检查

对产品的外形及安装尺寸与公差进行检查。 选取用于检验的所有尺寸应在GB/T 1804-2000规定的公差范围之内。

## 8.3 称重

采用直接称重法称重，并记录重量。

## 8.4 标志检查

检查飞轮储能系统各个柜名称、铭牌、标示牌，安装或贴装位置应清晰、醒目 。

## 8.5 功率试验

将飞轮储能系统调整至热备用状态，输入额定电压，控制变流器对飞轮储能系统以额定电流充放电，循环进行5次，记录循环充放电的功率，计算其平均值。

## 8.6 充放电循环效率试验

按GB/T 36287-2018 中的8.3.3.6的试验方法进行。

## 8.7 均衡试验

在初始转速一致的前提下，飞轮储能系统中多台飞轮储能装置同时以额定功率在工作转速区间充放电，观察多台飞轮转速偏差、直流主回路电流偏差。

## 8.8 电磁兼容试验

按GB/T 24338.6-2018规定的方法进行。

## 8.9 绝缘性能试验

### 8.9.1 绝缘电阻试验

应按照GB/T 13422-2013中5.1.1的试验方法进行。

### 8.9.2 工频耐压试验

按照GB/T 13422-2013中5.1.2的试验方法进行。

## 8.10 自耗散率试验

8.10.1 将飞轮储能系统运行至最高转速状态，以额定功率P额放电至最低工作转速，测量其总的放出能量值E。

8.10.2 将飞轮储能系统运行至最高转速状态，切断其与外部的主电路连接，并开始计时 t1，辅助装置保持运行状态，飞轮储能单元的飞轮转子受到储能单元内部损耗而降速，至最低工作转速时停止计时 t2，飞轮储能系统的自耗散平均功率按式（1）计算，飞轮储能系统的自耗散率按式（2）计算：

Ps=E/（t2-t1） ………………………………（1）

δ=Ps/P额 ………………………………（2）

式中：

P额—为飞轮储能系统额定功率，单位为kW（千瓦）；

E—为飞轮储能系统以额定功率从最高转速放电至最低工作转速的总能量值，单位为kWh（千瓦时）；

t1—为飞轮储能系统运行至最高转速状态，切断其与外部的主电路连接的开始时间，单位为s（秒）；

t2—为飞轮储能单元的飞轮转子受到储能单元内部损耗而降速，至最低工作转速时停止时间，单位s（秒）；

Ps —轮储能系统的自耗散平均功率，单位为kW（千瓦）；

δ—为飞轮储能系统的自耗散率。

## 8.11 故障保护能力试验

### 8.11.1 直流过压保护试验

向飞轮储能系统施加额定工作电压，调节直流母线网压使其超过过压保护预设值，直流过压保护应动作，上位机显示并上传故障状态及故障信息，直流母线电压恢复正常后，飞轮储能系统自动重新启动。

### 8.11.2 直流过流保护试验

向飞轮控制系统施加模拟电压进行模拟运行，信号发生器模拟网侧直流电流传感器信号，调节使其超过直流过流保护预设值，直流过流保护应动作，上位机显示并上传故障状态及故障信息，需人工操作恢复。

### 8.11.3 冷却系统故障保护试验

仅飞轮储能控制系统和辅机系统供电时，关闭冷却系统开关，冷却系统保护应动作，上位机显示并上传故障状态及故障信息，需人工操作恢复。

### 8.11.4 电机定子过温试验和轴承过温保护试验

通过外接电阻模拟相关器件温度或通过设置当前温度值高于相关器件过温保护值，飞轮储能系统过温保护应动作，上位机显示并上传故障状态及故障信息，需人工操作恢复。

### 8.11.5 真空超压保护试验

仅飞轮储能控制系统和辅机系统供电时，关闭真空系统开关，上位机显示真空压力值升高，达到设定值以上时，上位机显示并上传“真空超压”故障状态及故障信息；打开真空泵，上位机显示真空泵压力值降低，达到设定值以下时，“真空超压”消失。

### 8.11.6 转子超速保护试验

向飞轮控制系统施加模拟电压进行模拟运行，信号发生器模拟飞轮转速信号，调节使其超过飞轮转速保护预设值，超速保护应动作，上位机显示并上传故障状态及故障信息，需人工操作恢复。

## 8.12温升试验

按GB/T 36287-2018 中的8.3.3.5的试验方法进行。

## 8.13 噪声试验

按GB/T 36287-2018 中的8.3.3.7的试验方法进行。

## 8.14 充放电时间性能试验

### 8.14.1 充电响应时间试验

将飞轮储能系统调整至热备状态，按下列步骤进行充电响应时间试验：

a) 记录飞轮储能系统收到额定功率充电控制信号的时刻，记为$t\_{C1}$；

b) 记录飞轮储能系统直流母线接口处的充电功率首次达到90%额定功率时刻，记为$t\_{C2}$；

c) 飞轮储能系统充电响应时间$RT\_{C}$按式（3）计算:

$RT\_{C}= t\_{C2}− t\_{C1}$ ………………………………（3）

d) 重复a)~c)四次，充电响应时间取五次测试结果得最大值。

### 8.14.2 放电响应时间试验

将飞轮储能系统调整至热备状态，按下列步骤进行放电响应时间试验：

a) 记录飞轮储能系统收到额定功率放电控制信号的时刻，记为$t\_{D1}$；

b) 记录飞轮储能系统直流母线接口处的放电功率首次达到90%额定功率时刻，记为$t\_{D2}$；

c) 飞轮储能系统充电响应时间$RT\_{D}$按式（4）计算:

$RT\_{D}= t\_{D2}− t\_{D1}$ ………………………………（4）

d) 重复a)~c)四次，放电响应时间取五次测试结果得最大值。

### 8.14.3 充电调节时间试验

将飞轮储能系统调整至热备状态，按下列步骤进行充电调节时间试验：

a) 记录飞轮储能系统收到额定功率充电控制信号的时刻，记为$t\_{C3}$；

b) 记录飞轮储能系统直流母线接口处的充电功率与额定功率的偏差维持在额定功率的±2%以内的起始时刻，记为$t\_{C4}$；

c) 飞轮储能系统充电调节时间$AT\_{C}$按式（5）计算

$AT\_{C} = t\_{C4}− t\_{C3}$ ………………………………（5）

d) 重复 a)~c)四次，充电调节时间取五次测试结果的最大值。

### 8.14.4 放电调节时间试验

将飞轮储能系统调整至热备状态，按下列步骤进行放电时间调节试验：

a) 记录飞轮储能系统收到额定功率放电控制信号的时刻，记为$t\_{D3}$；

b) 记录飞轮储能系统直流母线接口处的充电功率与额定功率的偏差维持在额定功率的±2%以内的起始时刻，记为$t\_{D4}$；

c) 飞轮储能系统放电调节时间$AT\_{d}$按式（6）算:

$AT\_{d}= t\_{D4}− t\_{D3}$ ………………………………（6）

d) 重复 a)~c)四次，放电调节时间取五次测试结果的最大值。

### 8.14.5 充电到放电转换时间试验

将飞轮储能系统调整至热备状态，按下列步骤进行充电到放电转换时间试验：

a) 控制飞轮储能系统以额定功率充电，向飞轮储能系统发送以额定功率放电指令，记录从90%额定功率充电到90%额定功率放电的时间；

b) 重复a)四次，充电到放电的转换时间取五次结果得最大值。

### 8.14.6 放电到充电转换时间试验

将飞轮储能系统调整至热备状态，按下列步骤进行放电到充电转换时间试验：

a) 控制飞轮储能系统以额定功率放电，向飞轮储能系统发送以额定功率充电指令，记录从90%额定功率放电到90%额定功率充电的时间；

b) 重复a)四次，放电到充电的转换时间取五次结果得最大值。

## 8.15 充放电频次试验

将飞轮储能系统调整至热备用状态，输入额定电压，控制变流器对飞轮储能系统以额定电流进行循环充放电，记录1h内循环充放电次数即循环充放电频次n。

## 8.16 高低温试验

按GB/T2423.2—2008和GB/T2423.1—2008的要求进行，若装置采用强迫通风，则按装置实际情况考虑通风。

## 8.17 交变湿试验

按GB/T2423.4—2008的规定进行。

# 9 检验总则

## 9.1 总则

9.1.1 飞轮储能系统各试验应在与实际工况相等效的条件下，或在能保证设备性能可满足使用条件的情况下进行。

9.1.2 飞轮储能系统各设备内配套的所有部件，如半导体器件、电抗器、断路器、隔离开关等，在安装前应通过出厂检验；若这些器件已附有按相应技术标准通过出厂检验的合格证，则在组装后可进行与飞轮储能系统相关的功能试验和操作试验。

## 9.2 检验分类

飞轮储能系统的检验分为型式检验、出厂检验和现场检验。

## 9.3 型式试验

9.3.1 检验样品在出厂检验的合格品中抽取，数量为1台 。

9.3.2 型式检验全部项目应在同一次抽样的样品上进行，检验项目全部合格时，该产品合格；若发现任意一项不合格，则该产品不合格。

9.3.3 凡具有下列情况之一者．应进行型式检验：

a) 新产品试制完成时；

b) 产品的结构 、工艺或材料的变更影响到飞轮储能系统的某些特性或参数变化时 ，应部分或全部检验；

c) 出厂检验结果与上次型式检验结果发生不允许的偏差时 ；

d) 转厂生产或停产2年及以上重新生产时。

## 9.4 出厂检验

产品出厂时应逐台进行出厂检验。

## 9.5 现场检验

产品在使用现场完成安装后 ，需进行现场检验，现场检验项目及标准由供需双方协商确定 。

## 9.6 检验项目

### 9.6.1 常规性检验项目

表4 常规性检验项目表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 检验分类 | 技术要求对应的章条 | 检验方法对应的章条 |
| 型式检验 | 出厂检验 | 现场检验 |
|  | 外观检查 | √ | √ | √ | 7.2.1 | 8.1 |
|  | 尺寸和公差检查 | √ | √ | — | 7.2.1 | 8.2 |
|  | 称重检查 | √ | — | — | 7.2.1 | 8.3 |
|  | 标志检查 | √ | √ | √ | 7.2.1 | 8.4 |
| 注：“√”表示为必做的检验项目，“—”表示为不做的项目 |

### 9.6.2 飞轮储能系统试验项目

表5 飞轮储能系统试验项目表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 检验分类 | 技术要求对应的章条 | 检验方法对应的章条 |
| 型式检验 | 出厂检验 | 现场检验 |
|  | 功率试验 | √ | √ | √ | 7.2.2 | 8.5 |
|  | 充放电循环效率试验 | √ | — | — | 7.2.5 | 8.6 |
|  | 均衡试验 | √ | — | — | 7.2.6 | 8.7 |
|  | 电磁兼容试验 | √ | — | — | 7.2.7 | 8.8 |
|  | 绝缘性能试验 | √ | √ | √ | 7.2.8 | 8.9 |
|  | 自耗散率试验 | √ | — | — | 7.2.9 | 8.10 |
|  | 故障保护能力试验 | √ | √ | √ | 7.1.6 | 8.11 |
|  | 温升试验 | √ | — | — | 7.2.12 | 8.12 |
|  | 噪声试验 | √ | √ |  | 7.2.13 | 8.13 |
|  | 充放电时间性能试验 | √ | — | — | 7.2.14 | 8.14 |
|  | 充放电频次试验 | √ | — | — | 7.2.15 | 8.15 |
|  | 高低温试验 | √ | — | — | 7.2.16 | 8.16 |
|  | 交变湿试验 | √ | — | — | 7.2.16 | 8.17 |
| 注：“√”表示为必做的检验项目，“—”表示为不做的项目 |

# 10 标志、包装、运输和储存

## 10.1 标准

### 10.1.1 产品标志

产品显著位置上应牢固设置铭牌、警告牌。接地螺栓附近位置设置有接地符号“”。

### 10.1.2 铭牌内容

铭牌应包括下列内容：

b）产品名称和型号；

c）额定功率、电压等级；

d）制造商名称；

e）产品总重量；

f）出厂日期或编号。

## 10.2 包装

### 10.2.1 随同产品供应的技术文件

随同产品供应的技术文件应包括：

a）装箱清单；

b）产品使用维护说明书；

c）安装说明书；

d）产品质量合格证。

### 10.2.2 产品包装

产品包装应符合 GB/T 13384 的规定。

## 10.3 运输

包装好的户内使用的产品在运输过程中的温度应为-25 ℃～+55 ℃，相对湿度不应大于 95%。产品在运输过程中，不应有剧烈振动、撞击、倾斜或倒置，某些部件对运输有特殊要求时应注明，以便运输时采取措施。

## 10.4 贮存

包装好的产品应贮存在环境温度为-25 ℃～+55 ℃，相对湿度不大于 95%，周围空气中不含有腐蚀性、火灾及爆炸性物质的室内。产品运到工地后，应按制造厂规定贮存，长期存放时应按产品技术条件进行维护。

# 参 考 文 献

1. T/CZESA 1024—2023 飞轮储能系统性能测试规范