

团 体 标 准

T/CAMET XXXXX—XXXX

城市轨道交通 牵引供电系统用飞轮储能 装置

Urban rail transit - Flywheel energy storage device for traction power supply system

（征求意见稿）

（本稿完成时间：2025 年 4 月 21 日）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国城市轨道交通协会 发 布

目 次

前 言 III

1 范围 4

2 规范性引用文件 4

3 术语和定义 4

4 使用条件 5

 4.1 环境条件 5

 4.2 供电条件 5

 4.3 辅助电源 5

5 装置构成 6

 5.1 构成 6

 5.2 分类 6

 5.3 常用规格 6

6 技术要求 7

 6.1 一般要求 7

 6.2 性能要求 7

 6.3 功能要求 8

 6.4 安全要求 9

7 试验方法 10

 7.1 外观检查 10

 7.2 尺寸公差检查 10

 7.3 称重 10

 7.4 标识检查 10

 7.5 辅助设备检查 10

 7.6 充放电循环效率试验 10

 7.7 变流器效率试验 10

 7.8 电流均衡试验 10

 7.9 充放电响应时间测试 10

 7.10 热备待机功耗试验 11

 7.11 轻载试验 11

 7.12 负载试验 11

 7.13 噪声测量 11

 7.14 温升试验 11

 7.15 振动量测试 11

 7.16 密闭性测试 11

 7.17 直流侧纹波电压测量 11

 7.18 绝缘耐压试验 11

 7.19 电气间隙和爬电距离试验 11

 7.20 防护等级试验 11

7.21 电磁兼容试验	12
7.22 循环充放电试验	12
7.23 控制设备性能检查	12
7.24 保护装置检查	12
7.25 飞轮失稳保护试验	12
7.26 高温储存试验	12
7.27 高温运行试验	12
7.28 低温储存试验	12
7.29 低温运行试验	12
7.30 交变湿热试验	12
8 检验规则	12
8.1 总则	12
8.2 型式检验	13
8.3 出厂检验	13
8.4 检验项目	13
9 标志、包装、运输与贮存	14
9.1 标志	14
9.2 包装	14
9.3 运输	14
9.4 贮存	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》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。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会牵引电气设备与系统分技术委员会提出。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：青岛地铁集团有限公司、青岛东湖绿色节能研究院有限公司、北京城建设计发展集团有限公司、中铁电气化勘测设计研究院有限公司、中铁检验认证中心有限公司、湖南湘电动力有限公司、湖北东湖新动力有限公司、新风光（青岛）交通科技有限公司、合肥召洋电子科技有限公司、山东朗进科技股份有限公司、北京交通大学、湖北东湖实验室、盾石磁能科技有限责任公司。

本文件主要起草人：邢春阳、兰慧峰、房斌、李国玉、孙建军、隋佳斌、杨士刚、鲁永生、贾惠臻、樊建辉、许伶俐、练海银、肖立君、石春珉、王勇、薛滢蓓、郁永涛、杨静、徐铭焕、吴建华、亢丽平、张立辉、袁祝方、曹臣、张晓伟、林飞、钟志宏、连传强、张庆湖、岳川、王磊。

城市轨道交通 牵引供电系统用飞轮储能装置

1 范围

本文件规定了城市轨道交通直流牵引供电系统用飞轮储能装置的使用条件、装置构成、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等。

本文件适用于城市轨道交通直流牵引供电系统用飞轮储能装置的设计、制造和检验。

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 311.1 绝缘配合 第1部分：定义、原则和规则
- GB/T 755 旋转电机 定额和性能
- GB/T 2423.1 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 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 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 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 13422—2013 半导体变流器 电气试验方法
- GB/T 24338.6 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 26680 永磁同步发电机 技术条件
- GB/T 32350.1 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
- GB/T 32593—2016 轨道交通 地面装置 变电所用电力电子变流器
- 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 36548—2024 电化学储能电站接入电网测试规程
- DL/T 2528—2022 电力储能基本术语

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

飞轮储能装置 Flywheel energy storage device

由一个或多个飞轮储能单元、飞轮储能变流器、飞轮储能管理系统和辅助设备构成，实现动能和电能相互转换的设备组合。

[来源：DL/T 2528—2022，4.4.1.2，有修改]

3.2

飞轮储能单元 Flywheel energy storage unit

由具备独立的飞轮动能存储、释放能力的设备组成的机电结构组件。

注：一般包括飞轮转子、飞轮电机、磁浮轴承、密封壳体等。

[来源：DL/T 2528—2022，4.4.2.1，有修改]

3.3

飞轮储能变流器 Flywheel energy storage converter

对飞轮电机运行进行控制，实现牵引网侧电能和飞轮储能单元动能双向转化的电力电子设备。

3.4

飞轮储能管理系统 Flywheel energy storage management system

监测和管理飞轮储能单元、飞轮储能变流器和辅助设备的运行状态及参数，具有相应的控制、保护和通信功能的装置。

[来源：DL/T 2528—2022，4.4.2.2]

3.5

最高工作转速 Maximum working speed

飞轮储能装置在额定功率下可稳定运行的最高转速值。

3.6

最低工作转速 Minimum working speed

飞轮储能装置在额定功率下可稳定运行的最低转速值。

3.7

总储能容量 Total energy storage capacity

最高工作转速时对应的飞轮储能装置储能量。

3.8

可用储能容量 Available energy storage capacity

最高工作转速与最低工作转速对应的飞轮储能装置储能量的差值。

3.9

充放电响应时间 Charge-discharge response time

飞轮储能装置自收到控制信号起，由最低（最高）工作转速状态切换至充（放）电状态，至充（放）电电流首次达到90%额定电流的时间。

3.10

充放电循环效率 Charge-discharge cycle efficiency

飞轮储能装置在放电过程中由工作转速上限运行至工作转速下限所释放的电能与在充电过程中由工作转速下限运行至工作转速上限所吸收的电能的比值。

[来源：DL/T 2528—2022，4.4.3.7，有修改]

3.11

周期性间歇工作制 Periodic intermittent duty

装置运行呈周期性，每个周期内包括一段时间恒定负载运行和一段时间待机状态的工作方式。

[来源：GB/T 37423—2019，3.1]

4 使用条件

4.1 环境条件

4.1.1 飞轮储能装置应能在以下条件下正常工作：

- a) 环境温度：-10℃～40℃；
- b) 存储和运输温度：-25℃～55℃；
- c) 相对湿度日均值不大于95%，有凝露；
- d) 海拔不高于1000m。

4.1.2 当海拔高于1000m时，应考虑降容使用，并应按照GB/T 311.1对绝缘进行海拔修正。

4.2 供电条件

飞轮储能装置应适用于表1规定的直流牵引供电系统电压。

表1 直流牵引供电系统电压

单位为伏特

标称电压	最低非持续电压	最低持续电压	最高持续电压	最高非持续电压
750	500	500	900	1000
1500	1000	1000	1800	2000

4.3 辅助电源

- 4.3.1 DC220 V/DC110 V 电源：电压波动范围应为额定电压的 90%~110%，控制电路、保护电路应使用此电源供电。
- 4.3.2 AC220 V/AC380 V 电源：电压波动范围应为额定电压的 85%~110%，散热风机宜使用此电源供电。

5 装置构成

5.1 构成

飞轮储能装置由飞轮储能变流器、飞轮储能单元、辅助设备和飞轮储能管理系统构成，见图1。

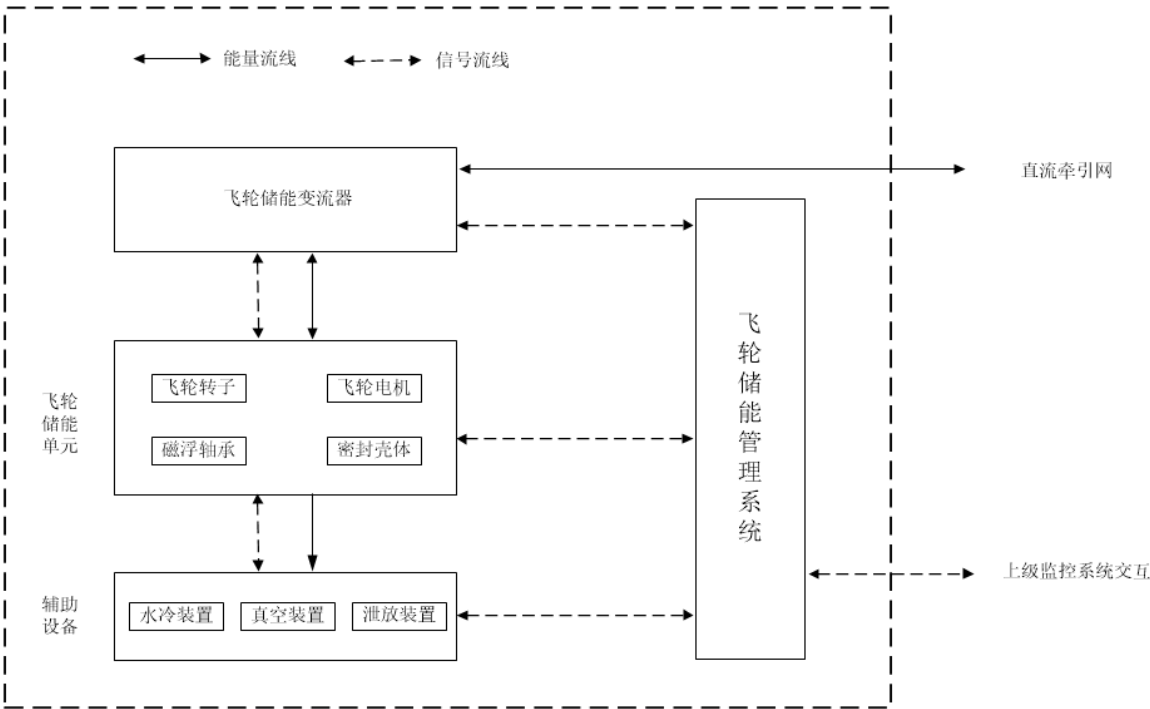


图1 飞轮储能装置构成

5.2 分类

- 5.2.1 按输入直流电压等级，飞轮储能装置分为 750 V 系列和 1500 V 系列。
- 5.2.2 按周期性间歇工作额定功率，飞轮储能装置分为 1000 kW、1500 kW、2000 kW、3000 kW、4000 kW、5000 kW 和 6000 kW 等种类。

5.3 常用规格

飞轮储能装置常用规格见表2。

表2 飞轮储能装置常用规格

序号	额定直流电压 V	周期性间歇工作制额定功率 kW	可用储能容量 kWh
1	750/1500	1000	≥3
2		1500	≥4.5
3		2000	≥6
4		3000	≥9
5		4000	≥12
6		5000	≥15
7		6000	≥18

6 技术要求

6.1 一般要求

- 6.1.1 飞轮储能装置壳体应焊接平整、牢固，表面涂覆层应均匀、光洁，金属零件不应有锈蚀及其他损伤。
- 6.1.2 飞轮储能装置内各设备外观、重量、涂装等应由供需双方协商确定。
- 6.1.3 水冷装置应具有冷却介质工作保证系统。如果选择主、备互相切换的两套泵，当工作泵出现故障时，备用泵应能自动切换，且切换时间不应大于 0.5 s。
- 6.1.4 飞轮储能单元宜采用水冷散热方式。

6.2 性能要求

6.2.1 效率

飞轮储能装置的充放电循环效率不应低于86%，飞轮储能变流器在额定工况下的效率不应低于96%。

6.2.2 电流均衡系数

飞轮储能变流器采用多模块并联时，功率模块间电流均衡系数不应小于92%。

6.2.3 循环充放电

飞轮储能装置的充放电电流和时间的最大偏差值不应大于5%。

6.2.4 充放电响应时间

飞轮储能装置的充放电响应时间不应大于50 ms。

6.2.5 热备待机功耗

飞轮储能装置的最大热备待机功耗不应超过周期性间歇工作额定功率的1%。

6.2.6 轻载

飞轮储能装置应能在轻载条件下（不超过额定电流的30%）正常运行。

6.2.7 负载

飞轮储能装置应能在额定负载条件下正常运行。

6.2.8 噪音

在距离设备水平位置1 m处，飞轮储能装置（不含水冷装置换热器）满载运行时的A计权声压级噪声不应大于80 dB(A)。

6.2.9 温升

飞轮电机绕组和磁浮轴承绕组温升应符合GB/T 755的规定。变流器组件温升应符合GB/T 3859.1—2013中7.4.2的规定。

6.2.10 振动量

飞轮储能单元在静态悬浮、最低工作转速和最高工作转速等工况下的振动烈度不应大于1.5 mm/s。

6.2.11 密闭性

飞轮储能单元应良好密封，工作状态下真空度不应大于20 Pa。

6.2.12 直流侧纹波电压

飞轮储能装置运行在功率范围内时，直流侧输出的电压纹波不应大于3%。

6.2.13 绝缘性能

6.2.13.1 飞轮储能单元的电气绝缘水平应符合表3的规定。飞轮电机定子绕组在40℃时，其对地及相间的绝缘电阻不应低于100 MΩ。

表3 飞轮储能单元电气绝缘水平要求

序号	飞轮储能单元部件	试验电压	持续时间
1	储能单元主电路（定子绕组）与机壳之间；多个主电路之间（如有，例如采用多相电机时，有多套中点隔离的Y接绕组）	标准大气压下，试验电压有效值： $2U_n+1000$ V	1 min
		10 kPa~101 kPa连续变化下，试验电压有效值： $2U_n+1000$ V	1 min
2	电磁轴承定子绕组与机壳之间	标准大气压下，试验电压有效值： $2U_n+1000$ V	1 min
注： U_n 为飞轮电机的额定电压，单位为伏特（V）。			

6.2.13.2 飞轮储能变流器的绝缘水平应符合表4的规定。

表4 飞轮储能变流器的电气绝缘水平要求

供电电压 V	工频耐压 kV, 1 min	冲击耐压 kV, 1.2/50 μs	绝缘电阻 MΩ
750	3.8	12	≥1
1500	5.6	18	≥2

6.2.14 电气间隙和爬电距离

飞轮储能装置的电气间隙和爬电距离应符合GB/T 32350.1的规定。

6.2.15 防护要求

室内飞轮储能装置柜体的外壳防护等级不应低于GB/T 4208中规定的IP30。飞轮储能装置内的各类电路板应采取防潮、防盐雾、防霉措施。

6.2.16 电磁兼容

飞轮储能管理系统应能承受表5规定性能判据的抗扰度试验。

表5 电磁兼容性性能要求

序号	检验项目	性能判据
1	浪涌抗扰度	B
2	静电放电抗扰度	B
3	电快速瞬变脉冲群抗扰度	A
4	射频场感应的传导骚扰抗扰度	A
5	射频电磁场辐射抗扰度	A
6	工频磁场抗扰度	A
7	电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度	A

6.3 功能要求

6.3.1 充放电功能

飞轮储能装置应能满足外部再生能量吸收所需的充放电功率、容量等要求，并根据外部条件进行自动判定系统设备充放电启动/停止条件。

6.3.2 通信功能

飞轮储能装置应对成套设备的运行状态信息进行处理、显示，应能通过飞轮储能管理系统与电力监控及其他所需监控系统进行通信，实现系统运行过程中的状态、信息及控制指令的信息传输。

6.3.3 电能统计功能

飞轮储能装置应具备充电、放电的电能统计功能。

6.3.4 故障记录功能

6.3.4.1 飞轮储能装置宜对以下重要参数进行实时监测：

- a) 网侧电压、电流及双向电能；
- b) 飞轮侧电流；
- c) IGBT 模块或 IGBT 散热器温度；
- d) 飞轮电机真空度；
- e) 飞轮电机转速；
- f) 飞轮电机密封壳体振动加速度；
- g) 飞轮电机绕组温度；
- h) 飞轮电机悬浮状态。

6.3.4.2 飞轮储能装置应具备数据采集、事件记录、故障录波及本地存储或上传监控系统存储的功能。故障记录的数据类型、周期、存储时间等应满足故障诊断和运营需要，并应设有维护接口。该接口应为标准接口，宜采用工业以太网接口，通过该接口应能实现飞轮储能装置故障数据的读取、转存及应用软件装载等功能，并应能通过软件对下载的故障数据进行分析。

6.3.4.3 信息通过飞轮储能管理系统处理后，保存在飞轮储能装置中，存储时间不应小于 30 d，各数据项存储周期不应小于 1 s，可采用 USB 等方式转存。

6.3.5 保护功能

6.3.5.1 飞轮储能装置应具备以下重要故障保护功能：

- a) 网侧失电保护；
- b) 网侧欠压、过压保护；
- c) 网侧过流保护；
- d) 飞轮侧短路、过流保护；
- e) IGBT 功率模块故障或散热器过温保护；
- f) 飞轮电机真空度超限保护；
- g) 飞轮电机超转速保护；
- h) 飞轮电机密封壳体振动加速度超限保护；
- i) 飞轮电机绕组温度超高保护；
- j) 飞轮电机悬浮状态保护。
- k) 飞轮储能管理系统故障保护。

6.3.5.2 飞轮储能装置故障发生时，应及时将飞轮储能装置从直流牵引供电系统内隔离切除。

6.4 安全要求

6.4.1 当发生以下情况时，飞轮储能装置应停止充/放电，飞轮储能单元应进入制动模式并发出报警提示：

- a) 飞轮储能单元内部定子线圈温度超过限值；
- b) 飞轮储能单元内部磁浮轴承定子线圈温度超过限值；
- c) 飞轮储能单元内部真空度超过限值；
- d) 飞轮储能单元中磁浮轴承转子位移超过限值。

6.4.2 飞轮转子在故障情况下应具备转子从最高工作转速降至零转速而不损伤飞轮储能单元其它部件的能力，待故障解除后，飞轮转子应正常悬浮运行。

6.4.3 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。

6.4.4 飞轮储能单元应配备能量泄放装置。应能在 1 min 内从最高工作转速降低至最低工作转速以下，5 min 内从最高工作转速对应的电压降低至 36 V 以下，10 min 内飞轮储能变流器的支撑电容从最高电压降低至 36 V。

6.4.5 飞轮储能单元在真空度高于 20 Pa 时，不应出现机械和电气损伤。

7 试验方法

7.1 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：

- a) 检查各柜体外表油漆及电镀是否均匀光亮，紧固件是否牢靠；
- b) 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是否与图纸相符；
- c) 确认端子号、标线号、装置号是否与配线图、接终图相符；
- d) 检查各柜内所有接线是否正确，无松动和错接现象，所用电线、电缆的大小和电压等级是否符合要求；
- e) 检查柜内是否有异物及杂物；
- f) 检查门及门锁的开闭情况是否正常，操作是否顺畅。

7.2 尺寸公差检查

对飞轮储能装置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在规定的公差范围之内。

7.3 称重

用直接称重法称重，并记录重量。

7.4 标识检查

检查各柜体名称、铭牌、标示牌，安装或贴装位置是否清晰、醒目。

7.5 辅助设备检查

检查水冷装置、真空装置以及泄放装置中的接触器、风机和其他主要电气元器件的功能，按GB/T 3859.1—2013中7.5.1规定的方法进行试验。

本检查可结合轻载试验进行。

7.6 充放电循环效率试验

在额定运行条件下进行，通过测量飞轮储能装置在放电过程中由工作转速上限运行至工作转速下限所释放的电能 E_1 与在充电过程中由工作转速下限运行至工作转速上限所吸收的电能 E_2 ，计算其比值来确定充放电循环效率 η 。

$$\eta = E_2/E_1 \quad (2)$$

式中：

η ——充放电循环效率，单位为百分比(%)；

E_1 ——放电能量，单位为千瓦·时(kw·h)；

E_2 ——充电能量，单位为千瓦·时(kw·h)。

重复此实验过程，取三次试验的平均值，记录为飞轮储能装置的充放电循环效率。

本试验可结合负载试验进行。

7.7 变流器效率试验

在额定运行条件下，按GB/T 13422—2013中5.1.10规定的方法进行试验，可结合负载试验进行。

7.8 电流均衡试验

飞轮储能变流器采用多模块并联时，测量多模块间的电流均衡度，按GB/T 13422—2013中5.1.6规定的方法进行试验。

本试验可结合负载试验进行。

7.9 充放电响应时间测试

按GB/T 36548—2024中第8章规定的方法进行试验。

7.10 热备待机功耗试验

按GB/T 32593—2016中7.2.4规定的方法进行试验。

7.11 轻载试验

飞轮储能装置在飞轮储能变流器正常运行时的负载条件下进行充放电，按GB/T 13422—2013中5.1.4规定的方法进行试验。

7.12 负载试验

飞轮储能装置在额定功率运行条件下进行充放电，按GB/T 13422—2013中5.1.8规定的方法进行试验。

7.13 噪声测量

按GB/T 13422—2013中5.1.16规定的方法测量可听噪声。

7.14 温升试验

在规定的额定电流、工作制度以及最不利冷却条件下进行试验。若试验在低于规定的最高环境温度的情况下进行，需对结果进行修正。按GB/T 3859.1—2013中7.4.2规定的方法进行试验。

本试验可结合负载试验进行。

7.15 振动量测试

在飞轮储能单元布置接触式振动传感器，测量飞轮本体的横向和纵向振动量。振动量测试按下列步骤进行：

- a) 将飞轮储能装置调整至热备状态；
- b) 飞轮储能装置以额定功率从最低工作转速充电至最高工作转速，然后以额定功率放电至最低工作转速；
- c) 重复b)过程5次，记录飞轮储能装置壳体最大横向和纵向振动量。

7.16 密闭性测试

真空装置内置真空计，测试飞轮储能装置真空度。

7.17 直流侧纹波电压测量

在额定条件下，测量直流电压中交流分量的最大、最小瞬时值，按GB/T 13422—2013中第5章规定的方法进行试验。

本试验可结合循环充放电试验进行。

7.18 绝缘耐压试验

7.18.1 飞轮储能变流器耐压试验

一般情况下，使用交流工频电压进行试验。按GB/T 13422—2013中5.1.2规定的方法进行试验。

注：耐受电压试验可能损坏功率模块，可不对变流器功率模块部分进行耐受电压试验。

7.18.2 飞轮储能单元耐压试验

飞轮储能单元在1 min内从真空环境下恢复至正常大气压，飞轮储能单元在气压变化过程中，对飞轮电机绕组按GB/T 26680规定的方法进行耐压试验，在整个耐压试验过程中，检查飞轮电机是否出现闪络、击穿现象。

7.19 电气间隙和爬电距离试验

按GB/T 32350.1中规定的方法进行试验。

7.20 防护等级试验

按GB/T 4208中规定的方法在室内对飞轮储能装置柜体的外壳防护等级进行试验。

7.21 电磁兼容试验

按GB/T 24338.6规定的方法对飞轮储能管理系统进行试验。

7.22 循环充放电试验

按GB/T 36287—2018中8.3.3.1规定的方法进行试验。飞轮储能单元在转速为 ω_{\min} 的前提下，以额定电流向飞轮储能单元充电，直到飞轮储能单元转速达到 ω_{\max} 为止；然后以额定电流向直流输入侧释放能量，直到转速降到 ω_{\min} 为止，记录充放电电流、时间和转速值，按下列公式计算储能单元储存能量(E)。

$$E = 1/2 \times J \times (\omega_{\max}^2 - \omega_{\min}^2) \quad (1)$$

式中：

E ——储能单元储存能量的数值，单位为焦耳(J)或瓦特小时(W·h)；

J ——为飞轮转动惯量的数值，单位为千克·二次方米(kg·m²)；

ω ——为转速的数值，单位为弧度每秒(rad/s)。

上述充放电过程至少循环5次，记录充放电电流和时间的最大偏差值。

7.23 控制设备性能检查

按GB/T 3859.1—2013中7.5.2规定的方法对飞轮储能管理系统进行试验。

7.24 保护装置检查

按GB/T 3859.1—2013中7.5.3规定的方法进行试验，试验在系统内设备各部件不超过额定值冲击的条件下进行。

7.25 飞轮失稳保护试验

对于采用主动式磁轴承的飞轮储能单元，轴承失电后，飞轮储能单元再投入泄放装置。检查飞轮转子从工作区间转速是否可稳定降至安全转速；在轴承得电后，检查飞轮转子是否可再次以额定功率正常运行。

对采用被动式磁轴承的飞轮储能单元，确保无失电跌落风险后，断开控制电，检查飞轮转子是否可从工作区间转速稳定滑停至零转速。

7.26 高温储存试验

按GB/T 2423.2中规定的方法进行试验。

7.27 高温运行试验

按GB/T 2423.2中规定的方法进行试验，若采用强迫通风，则按飞轮储能装置实际运行情况考虑通风。

7.28 低温储存试验

按GB/T 2423.1中规定的方法进行试验。

7.29 低温运行试验

按GB/T 2423.1中规定的方法进行试验，若采用强迫通风，则按飞轮储能装置实际运行情况考虑通风。

7.30 交变湿热试验

按GB/T 2423.4中规定的方法进行试验。

8 检验规则

8.1 总则

8.1.1 飞轮储能装置各设备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。

8.1.2 飞轮储能装置各设备内配套的所有部件，如半导体器件、电抗器、电容器、接触器、断路器、风机、隔离开关、传感器、互感器等，在安装前应通过出厂试验。

8.2 型式检验

8.2.1 检验样品应在出厂检验的合格品中选取 1 台。

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

8.2.3 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装置的某些特性或参数时；
- c) 已定型产品转厂生产时；
- d) 停产 2 年及以上重新生产时。

8.3 出厂检验

产品出厂时应逐台进行出厂检验。

8.4 检验项目

检验项目应符合表6的规定。

表6 检验项目

序号	项目	型式检验	出厂检验	技术要求 对应条款	试验方法 对应条款
1	外观检查	√	√	6.1.1	7.1
2	尺寸公差检查	√	√	6.1.2	7.2
3	称重	√	—	6.1.2	7.3
4	标识检查	√	√	6.1.2	7.4
5	辅助设备检查	√	√	6.1	7.5
6	充放电循环效率试验	√	—	6.2.1	7.6
7	变流器效率试验	√	—	6.2.1	7.7
8	电流均衡试验	√	—	6.2.2	7.8
9	充放电响应时间测试	√	—	6.2.4	7.9
10	热备待机功耗试验	√	—	6.2.5	7.10
11	轻载试验	√	√	6.2.6	7.11
12	负载试验	√	√	6.2.7	7.12
13	噪声测量	√	—	6.2.8	7.13
14	温升试验	√	√	6.2.9	7.14
15	振动量测试	√	—	6.2.10	7.15
16	密闭性测试	√	√	6.2.11	7.16
17	直流侧纹波电压测量	√	—	6.2.12	7.17
18	绝缘耐压试验	√	√	6.2.13	7.18
19	电气间隙和爬电距离试验	√	—	6.2.14	7.19
20	防护等级试验	√	—	6.2.15	7.20
21	电磁兼容试验	√	—	6.2.16	7.21
22	循环充放电试验	√	√	6.2.3、6.3.1	7.22
23	控制设备性能检查	√	√	6.3.2、6.3.3、6.3.4、6.3.5	7.23
24	保护装置检查	√	√	6.3.5	7.24
25	飞轮失稳保护试验	√	—	6.4	7.25

表 6（续）

序号	项目	型式检验	出厂检验	技术要求 对应条款	试验方法 对应条款
26	高温储存试验	√	—	4. 1	7. 26
27	高温运行试验	√	—	4. 1	7. 27
28	低温储存试验	√	—	4. 1	7. 28
29	低温运行试验	√	—	4. 1	7. 29
30	交变湿热试验	√	—	4. 1	7. 30
<p>注1：“√”表示必做的检验项目，“—”表示不做的检验项目。</p> <p>注2：产品的结构、材料或生产工艺有重大改变，可能影响其性能时，由供需双方协商确定，可进行部分或全部型式检验。</p>					

9 标志、包装、运输与贮存

9.1 标志

飞轮储能装置的铭牌应注明额定直流电压、周期性间歇工作制额定功率、可用储能容量、总储能容量、厂家代号等，表示方法宜参考图2确定。

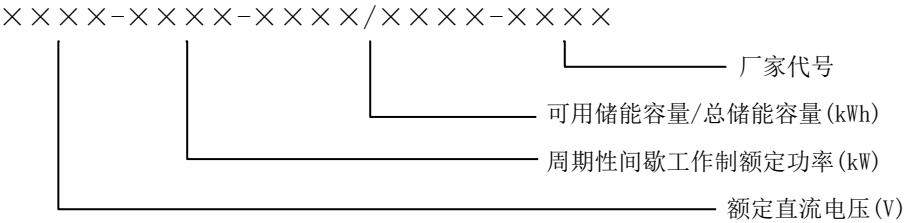


图2 飞轮储能装置铭牌信息

9.2 包装

- 9.2.1 飞轮储能装置宜采用木箱、防水包装，包装箱应具有防止产品在运输过程中晃动、相互磕碰、摩擦损伤的措施。
- 9.2.2 包装箱内应附有产品合格证、备品备件清单和说明书等资料。
- 9.2.3 包装箱的侧面应印有怕湿、小心轻放、向上、堆码层数极限等警示图案以及设备型号等信息。

9.3 运输

- 9.3.1 飞轮储能装置在运输过程中应注意包装箱上的警示标识，应按包装箱上所标识的方向放置。
- 9.3.2 飞轮储能装置在运输过程中不应与易燃、易爆、有腐蚀性的物品同车装运。
- 9.3.3 飞轮储能装置应与运输车体在固定安装状态下进行运输。
- 9.3.4 飞轮储能装置中途转运时不应存放在露天仓库中，不应经受雨、雪或液体物质的淋洗。
- 9.3.5 飞轮储能装置运输时，应始终保持与垂直方向的倾斜度不超过 45 °，同时不应受到过度的冲击或振动。

9.4 贮存

- 9.4.1 飞轮储能装置应存放在清洁、干燥的场所，并加以遮盖。若存放的场所存在低温、高湿度或湿度波动较大的情况，则应采取相应的防凝露、防受潮措施。当在室内储存时，室内不应有各种有害气体，易燃、易爆的物品及有腐蚀性化学物品，且应无强烈的机械振动、冲击及强磁场作用。
- 9.4.2 贮存时的放置方向应严格按包装箱上所标示的方向放置，不应倾斜。
- 9.4.3 贮存时间超过产品规定期限，应重新进行检验。