

# 团体标准

---

## 城市轨道交通 牵引供电系统用飞轮储能 装置

（征求意见稿）

### 编制说明

# 《城市轨道交通 牵引供电系统用飞轮储能装置》 (征求意见稿) 编制说明

## 1 任务来源、协作单位

### 1.1 任务来源

城市轨道交通牵引供电系统用飞轮储能装置由于没有相关的行业标准,制造企业、用户工程应用中找不到相关依据,从而给飞轮储能装置产品技术质量控制、推广应用带来很大阻碍。本标准的制定,将填补城市轨道交通牵引供电系统用飞轮储能装置标准的空白,通过积极推广应用,有利于指导和规范行业生产、使用以及产品推广和行业技术进步。同时城市轨道交通飞轮储能装置技术标准体系,为全国城市轨道交通发展做出示范性作用,并且通过轨道交通飞轮储能装置技术充分带动城市轨道交通产业的发展,从而有效降低未来城市轨道交通建设或改造的工程造价,具有良好的经济和社会效益。

2024年5月27日,中国城市轨道交通协会下达2024年第一批团体标准制修订计划的通知(中城轨〔2024〕37号),《城市轨道交通 牵引供电系统用飞轮储能装置》标准正式立项,计划编号为:2024009—T—13),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(SC13)管理,计划完成时间为2025年4月。

### 1.2 协作单位

牵头单位:青岛地铁集团有限公司

参编单位: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股份有限公司、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。

## 2 编制工作组简况

### 2.1 编制工作组及其成员情况

编制单位中,设计单位有北京城建设计发展集团股份有限公司、中铁电气化勘测设计研究院有限公司;业主单位有青岛地铁集团有限公司;设备制造单位有青岛东湖绿色节能研究院有限公司、新风光(青岛)交通科技有限公司、盾石磁能科技有限责任公司、湖南湘电动力有限公司、合肥召洋电子科技有限公司、山东朗进科技股份有限公司、湖北东湖新动力有限公司、湖北东湖实验室;检测认证单位有中铁检验认证中心有限公司;科研单位有北京交通大学。

牵头单位青岛地铁集团有限公司在地铁运营方面具有丰富的经验,组织完成了飞

轮储能装置在青岛地铁地铁3号线万年泉变电站挂网试运行，实现首套完全自主知识产权的兆瓦级飞轮储能装置的示范应用，日节电量达1600度。在示范项目取得成功后，在6号线一期设置11套中压逆变+4套飞轮，飞轮储能装置共计15MW，预期全寿命周期节约电费超过1.4亿元。

青岛地铁集团有限公司发布了《青岛地铁绿色城轨发展实施方案》，同时发布了《青岛地铁绿色城轨三年行动计划》，紧紧围绕“引流、节能、洁能”三大本质特征，深入开展六大绿色城轨行动，打造了一批绿智示范线路。北京交通大学、中铁检验认证中心有限公司、北京城建设计发展集团股份有限公司、中铁电气化勘测设计研究院有限公司、新风光（青岛）交通科技有限公司、青岛东湖绿色节能研究院有限公司、盾石磁能科技有限责任公司在城轨储能及节能领域深耕多年，发表多篇相关的高水平学术论文，参与了多项城市轨道交通再生制动能量吸收装置示范应用课题，具有深厚的理论基础以及非常丰富的工程应用经验，仿真及试验平台也十分完善。湖南湘电动力有限公司、合肥召洋电子科技有限公司、山东朗进科技股份有限公司是飞轮储能产品和技术研发的高新企业。

总体而言，本文件的编制单位参编人员覆盖了轨道交通业主单位、设计单位和储能系统的研发生产单位，以及科研院所、检验认证机构，组成合理，具备编制本文件的技术能力。

## 2.2 标准主要起草人及其所做的工作

表1 标准主要起草人及任务分工

序号	单位	姓名	职称	分工
1	青岛地铁集团有限公司	邢春阳	高级工程师	牵头组织编审
2		兰慧峰	高级工程师	牵头组织编审
3		房斌	高级工程师	总体协调、统稿和编制
4		李国玉	高级工程师	统稿和编审
5		孙建军	高级工程师	提供用户需求方面技术指标
6		隋佳斌	高级工程师	提供用户需求方面技术指标
7	北京城建设计发展集团股份有限公司	樊建辉	高级工程师	提供用户需求方面技术指标（第1~4章）
8		许伶俐	高级工程师	提供用户需求方面技术指标（第1~4章）
9	中铁电气化勘测设计研究院有限公司	练海银	高级工程师	提供用户需求方面技术指标（第1~4章）

10		肖立君	高级工程师	提供用户需求方面技术指标（第1~4章）
11	北京交通大学	林飞	教授	提供测试数据、检测技术参数及试验方法编制
12		钟志宏	教授	提供测试数据、检测技术参数及试验方法编制
13	湖南湘电动力有限公司	薛滢嫔	高级工程师	提供飞轮机构设计制造相关技术指标（第5章、第6章）
14		郁永涛	高级工程师	提供飞轮机构设计制造相关技术指标（第5章、第6章）
15	青岛东湖绿色节能研究院有限公司	杨士刚	高级工程师	提供飞轮储能装置设计制造相关技术指标（第5章、第6章）
16		鲁永生	高级工程师	提供飞轮储能装置设计制造相关技术指标（第5章、第6章）
17		贾惠臻	高级工程师	提供飞轮储能装置设计制造相关技术指标（第5章、第6章）
18	盾石磁能科技有限责任公司	岳川	工程师	提供飞轮储能装置设计制造相关技术指标（第5章、第6章）
19		王磊	工程师	提供飞轮储能装置设计制造相关技术指标（第5章、第6章）
20	湖北东湖实验室	连传强	副研究员	提供飞轮储能装置设计制造相关技术指标（第5章、第6章）
21		张庆湖	助理研究员	提供飞轮储能装置设计制造相关技术指标（第5章、第6章）
22	湖北东湖新动力有限公司	杨静	高级工程师	提供飞轮储能装置设计制造相关技术指标（第5章、第6章）
23		徐铭焕	工程师	提供飞轮储能装置设计制造相关技术指标（第5章、第6章）
24	中铁检验认证中心有限公司	王勇	高级工程师	检测技术参数及试验方法编制（第7章）
25		石春珉	高级工程师	检测技术参数及试验方法编制（第7章）
26	新风光（青岛）交通科技有限公司	吴建华	高级工程师	提供变流器设计制造相关技术指标（第6章、第7章）
27		亢丽平	高级工程师	提供变流器设计制造相关技术指标（第6章、第7章）

28	合肥召洋电子科技有限公司	张立辉	高级工程师	提供变流器设计制造相关技术指标 (第6章、第7章)
29		袁祝方	高级工程师	提供变流器设计制造相关技术指标 (第6章、第7章)
30	山东朗进科技股份有限公司	曹臣	高级工程师	提供变流器设计制造相关技术指标 (第6章、第7章)
31		张晓伟	高级工程师	提供变流器设计制造相关技术指标 (第6章、第7章)

### 3 起草阶段的主要工作内容

#### 3.1 启动阶段

2024年7月9日，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（SC13）秘书处组织召开了团体标准《城市轨道交通 牵引供电系统用飞轮储能装置》项目的编制启动会，会议采用腾讯会议形式，参加会议的有北京交通大学、湖北东湖实验室、湖北东湖新动力有限公司、青岛东湖绿色节能研究院有限公司、中铁检验认证中心有限公司、北京城建设计发展集团股份有限公司、中铁电气化勘测设计研究院有限公司、湖南湘电动力有限公司、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、盾石磁能科技有限责任公司等参编单位专家代表。会上青岛地铁集团有限公司作为主编单位介绍了标准的任务来源、编制的必要性、适用范围、章节目录、工作组的组成与分工、编制重难点和各阶段工作进度安排等方面的内容。

#### 3.2 起草阶段

2024年8月9日，青岛地铁集团有限公司组织召开了讨论会，参编单位充分研讨并提出了如下建议：

- （1）补充飞轮转子跌落等试验要求描述；
- （2）补充飞轮储能单元失真空试验；
- （3）定义充(放)电响应时间；
- （4）修改不符合标准规范用语的描述。

2024年10月16日，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（SC13）秘书处组织召开了团体标准《城市轨道交通 牵引供电系统用飞轮储能装置》项目的工作组讨论会。参加会议的有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等13个单位的15位专家。经过认真细致的讨论，与会专家对标准文本内容均达成了一致意见，并提出了以下待确定内容：1、标准中技术要求应与试验方法相对应，

需补充缺失的技术要求或试验方法。如：振动量及密闭性等性能要求缺少对应试验方法。2、明确充放电响应时间偏差值的概念和指标。

主起草单位联合参编单位做了大量研究和分析工作，对标准文件进行了精细化修改完善，对待确定的内容达成了一致意见，经工作组确认，2025年4月形成了征求意见稿。

4 标准编制原则及与国家法律法规和强制性标准及有关标准的关系

4.1 编制原则

- 1) 标准格式统一、规范，符合GB/T 1.1—2020的要求。
- 2) 符合《中国城市轨道交通协会团体标准管理办法》的要求。
- 3) 标准内容符合统一性、协调性、适用性、一致性、规范性要求。
- 4) 标准技术内容安全可靠、成熟稳定、经济适用、科学先进。
- 5) 标准实施后有利于促进城市轨道交通新能源产品的技术进步，保障运营安全，符合行业发展需求。

4.2 与相关法律法规和强制性情况

本文件符合相关法律法规、政策，无违反强制性标准的内容。

4.3 本标准与其他标准的区别

国内目前没有与本标准主要技术内容相关联的现行国家标准、行业标准。仅有现行GB/T 36287《城市轨道交通列车再生制动能量地面利用系统》标准规定的范畴与本标准相近，但国标储能系统仅限于超级电容储能元件，对于飞轮储能装置的性能要求和安全要求没有涉及。因此本标准主要根据城市轨道交通飞轮储能装置的应用需求以及安全需求，明确和完善了飞轮储能装置在城市轨道交通地面储能系统中系统级的具体性能指标以及测试方法，进一步提升我国城市轨道交通地面储能应用中飞轮储能装置的适应性和可靠性。

5 标准主要技术内容的论据或依据；修订标准时，应增加新、旧标准水平的对比情况

5.1 标准主要技术内容的论据或依据

本标准规定了城市轨道交通牵引供电系统用飞轮储能装置的系统组成、环境条件、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存等。适用于城市轨道交通牵引供电系统用飞轮储能装置的设计、制造和检验。

本标准的主要技术要求包括电池系统使用条件、基本组成、一般要求、绝缘耐压要求、电气性能要求、安全要求、电磁兼容要求以及对应的试验方法。

主要技术内容确定的依据如表2所示。

表2 主要技术内容确定依据

主要技术内容	确定依据和理由
1 范围	标准主要依据城市轨道交通特点，规定了城市轨道交通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。适用于新建、改建、扩建的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	通用试验、性能试验、安全实验等试验引用GB/T 3859.1、GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 13422 等标准要求。
3 术语和定义	针对标准中使用的名词，参考DL/T 2528-2022、GB/T 36287、GB/T 37423等标准中规定，并结合城市轨道交通行业及飞轮储能装置的特点，进行针对性修改。
4 使用条件	使用条件及供电条件参考GB/T 36287、GB 50157-2013等标准中的规定，并结合城市轨道交通的设备运营环境进行针对性修改。
5 装置构成	参考在国标GB/T37423《城市轨道交通再生制动能量吸收逆变装置》中系统组成框架，针对飞轮储能装置在轨道交通工程中应用特点，对飞轮储能装置构成层级进行规定。
6 技术要求	<p>6.2.1 效率综合目前飞轮储能装置充放电循环效率的实际情况进行约束，变流器效率参考GB/T 36287-2018。</p> <p>6.2.5~6.2.8 热备待机功耗、轻载、负载、噪音、温升等参考 GB/T 36287-2018，并结合飞轮储能装置特性针对性修改。</p> <p>6.2.9 温升参考 GB/T 22669 和 GB/T 36287-2018。</p> <p>6.2.10 振动量根据 GB 10068 进行测定。</p> <p>6.2.11 密闭性暂无细化标准，结合目前产品的出厂试验标准进行规定。</p> <p>6.2.12 直流侧纹波电压参考 GB/T 16927.1 的规定。</p> <p>6.2.13 飞轮储能单元电气绝缘要求参考 GB/T 26680，飞轮变流器的电气绝缘要求依照 GB/T 3859.1。</p> <p>6.2.14 电气间隙和爬电距离符合 GB/T 32350.1 的规定。</p> <p>6.2.15 电磁兼容参考按GB/T 24338.6。</p>
7 试验方法	<p>7.1、7.2、7.3、7.4、7.5 对外观、外形尺寸及重量、标识检查等进行要求，参照了 GB/T 4208。</p> <p>7.6 循环充放电试验按照 GB/T 36287—2018 中 8.3.3.1 规定的方法进行试验。可结合负载试验进行充放电循环效率试验，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，计算其比值来确定充放电循环效率。</p> <p>7.7 变流器效率试验按 GB/T 13422—2013 中 5.1.10 规定的方法进行。</p> <p>7.8 电流均衡度，按 GB/T 13422—2013 中 5.1.6 规定的方法进行试验。</p>

	<p>7.9 充放电响应时间测试按 GB/T 36548—2018 中第 8 章规定的方法进行试验。飞轮储能装置的充放电响应时间不应大于 50 ms。</p> <p>7.10 热备待机功耗按 GB/T 32593—2016 中 7.2.4 规定的方法进行试验。</p> <p>7.11 轻载试验则按照飞轮储能装置在满足验证飞轮储能变流器功能要求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。</p> <p>7.12 负载试验按照飞轮储能装置在持续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。</p> <p>7.13 按 GB/T 13422—2013 中 5.1.16 规定的方法测量可听噪声。</p> <p>7.14 可结合负载试验进行温升试验。温升试验应在规定的额定电流、工作制度以及最不利冷却条件下执行。若试验在低于规定的最高环境温度的情况下进行，则需对结果进行修正。按 GB/T 3859.1—2013 中 7.4.2 规定的方法进行试验。</p> <p>7.15 根据型式试验规定。</p> <p>7.16 根据出厂及型式试验规定。</p> <p>7.17 直流侧纹波电压测量可结合循环充放电试验进行。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，试验按 GB/T 13422—2013 规定的方法进行。</p> <p>7.18 绝缘耐压实验中，变流器部分按 GB/T 13422—2013 中 5.1.2 规定的方法进行试验；对飞轮电机绕组按 GB/T 26680 规定的方法进行耐压试验。</p> <p>7.19 电气间隙和爬电距离按 GB/T 32350.1 中规定的方法进行试验。</p> <p>7.20 外壳防护等级按 GB/T 4208 中规定的方法试验。</p> <p>7.21 按 GB/T 24338.6 规定的方法对飞轮储能管理系统进行试验。</p> <p>7.22 循环充放电按 GB/T 36287—2018 中 8.3.3.1 规定的方法进行试验</p> <p>7.23 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控制设备性能检查。</p> <p>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。</p> <p>7.25 根据出厂试验进行规定。</p> <p>7.26 高温储存试验按 GB/T 2423.2—2008 中规定的方法进行试验。</p>
--	--



	<p>7.27 高温运行试验按 GB/T 2423.2—2008 中规定的方法进行试验，若装置采用强迫通风，则按装置实际运行情况考虑通风。</p> <p>7.28 低温储存试验按 GB/T 2423.1—2008 中规定的方法进行试验。</p> <p>7.29 低温运行试验按 GB/T 2423.1—2008 中规定的方法进行试验，若装置采用强迫通风，则按装置实际运行情况考虑通风。</p> <p>7.30 交变湿热试验按 GB/T 2423.4—2008 中规定的方法进行试验。</p>
8 标志、包装、运输与贮存	<p>结合国标规定，对一般标志、安全标志、铭牌内容、包装等进行规范。</p> <p>依据飞轮储能装置存储及运输特点和安全需求，对运输及存储进行规定。</p>

5.2 修订标准时，应增加新、旧标准水平的对比

无，本标准是首次制定。

6 主要试验（验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

6.1 主要试验（验证）的分析

本标准的电气性能试验按照 GB/T 36287—2018《城市轨道交通列车再生制动能量地面利用系统》系列标准中相关章节的规定执行；电磁兼容性试验按照 GB/T 17626《电磁兼容 试验和测量技术》系列标准的相关要求执行。上述标准执行多年，试验方法均以得到验证。根据城市轨道交通飞轮储能装置技术特点与发展，并结合实际应用情况本标准给出了明确的具体数值要求。根据型式试验报告“（2023）GTJ（JL）字第 W0454”，飞轮储能装置的电气性能均满足本标准中规定的数值要求，报告结论见下图。

序号	检查项目	试验报告
1	外观检查	图 1
2	尺寸和公差检查	图 1、图 2
3	称重	图 2
4	标识检查	图 2
5	辅助装置检查	图 3、图 4
6	循环充放电试验	图 5
7	变流器效率试验	图 6
8	电流均衡试验	图 7
9	充放电响应时间测试	图 8
10	热备待机功耗试验	图 26
11	轻载试验	图 6
12	负载试验	图 6

13	噪声测量	图 9
14	温升试验	图 10
15	振动量测试	图 9
16	密闭性测试	图 11
17	直流侧纹波电压测量	图 5
18	绝缘耐压试验	图 6、图 25
19	电气间隙和爬电距离试验	图 12
20	防护等级试验	图 8
21	电磁兼容试验	图 15～图 22
22	充放电循环试验	图 5
23	控制设备性能检查	图 4
24	保护装置检查	图 11～图 13
25	飞轮失稳保护试验	图 13
26	高温储存试验	图 9、图 23
27	高温运行试验	图 9、图 23
28	低温储存试验	图 9、图 23
29	低温运行试验	图 9、图 23
30	交变湿热试验	图 24

图 4

图 8

图 12


保护装置 检查	悬浮状态异常，切断磁轴承电源（报警），飞轮柜报警灯闪烁；切断磁轴承电源及通信（故障），故障：刹车指示灯亮起	/	符合要求
	飞轮倾斜角度异常，调低报警阈值和故障阈值（0.1倍），在飞轮底部单边加入7mm垫块，固定飞轮（报警），飞轮柜报警灯闪烁；在飞轮底部单边加入14mm垫块，固定飞轮（故障），刹车指示灯亮起	/	符合要求
	飞轮故障退出与恢复试验		
	系统启动正常充放电过程中，设置使飞轮储能柜故障退出，稳定运行一定时间后，设置使飞轮储能装置故障消除并恢复		
	储能装置工作正常，且部件没有任何损坏	/	符合要求
	系统充放电试验结束后，输入主电及控制电断电后20分钟内，测量飞轮储能柜内刹车电阻温度		
	刹车电阻温度下降到30℃的时间	min	8
	失效评估试验		
	真空泵系统失效，切断真空泵系统电源，继续做额定功率充放电试验，检查系统运行状态。在5个充放电周期内，报警指示灯亮起，系统运行正常，故障指示灯处于关闭状态	/	符合要求
	冷却系统失效，切断冷却系统电源，继续做额定功率充放电试验，检查系统运行状态。在5个充放电周期内，报警指示灯亮起，系统运行正常，故障指示灯处于关闭状态	/	符合要求

真空度异常，调低报警阈值和故障阈值（0.5倍），当达到温度报警阈值时，飞轮柜报警灯闪烁；当达到故障阈值时，刹车指示灯亮起	/	符合要求
--	---	------

图 13

序号	检测项目	不合格类别	技术要求	单位	检测结果	单项判定
01	电气间隙和爬电距离试验	A	检查飞轮储能系统变流柜和飞轮柜的最小电气间隙和最小爬电距离，最小电气间隙 $\geq 25\text{mm}$ ，最小爬电距离 $\geq 32\text{mm}$ 注：测试数据详见附表1	/	符合要求	合格

图 14


**CRCC**  
 中国铁路认证中心

(2023) GTJ (JL) 字第 W0454 号  
 共 34 页 第 20 页

# 中铁检验认证中心有限公司/国家铁路产品质量检验检测中心 飞轮储能装置产品质量检测报告

序号	检测项目	技术要求及检测结果	备注																																
27	电磁兼容性试验	一、依据标准： GB/T 24338.6、GB/T 17626.29																																	
		二、受试设备（EUT）描述 EUT 构成：23LNT2811001#控制柜； 供电方式：DC220V 供电； 连接电缆：电源线类型为非屏蔽电缆，连接线长度 $\leq 3\text{m}$ ； 工作方式：落地式设备																																	
		三、检测结果																																	
		<table> <tr> <th>序号</th><th>检测项目</th><th>限值</th><th>检测结果</th></tr> <tr> <td>1</td><td>浪涌抗扰度试验</td><td>B</td><td>A</td></tr> <tr> <td>2</td><td>静电放电抗扰度试验</td><td>B</td><td>A</td></tr> <tr> <td>3</td><td>电快速瞬变脉冲群抗扰度试验</td><td>A</td><td>A</td></tr> <tr> <td>4</td><td>射频场感应的传导骚扰抗扰度试验</td><td>A</td><td>A</td></tr> <tr> <td>5</td><td>工频磁场抗扰度试验</td><td>A</td><td>A</td></tr> <tr> <td>6</td><td>电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验</td><td>B</td><td>A</td></tr> <tr> <td>7</td><td>射频电磁场辐射抗扰度试验</td><td>A</td><td>A</td></tr> </table>		序号	检测项目	限值	检测结果	1	浪涌抗扰度试验	B	A	2	静电放电抗扰度试验	B	A	3	电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	A	A	4	射频场感应的传导骚扰抗扰度试验	A	A	5	工频磁场抗扰度试验	A	A	6	电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验	B	A	7	射频电磁场辐射抗扰度试验	A	A
		序号		检测项目	限值	检测结果																													
		1		浪涌抗扰度试验	B	A																													
		2		静电放电抗扰度试验	B	A																													
		3		电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	A	A																													
		4		射频场感应的传导骚扰抗扰度试验	A	A																													
		5		工频磁场抗扰度试验	A	A																													
		6		电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验	B	A																													
		7		射频电磁场辐射抗扰度试验	A	A																													
抗扰度试验结果判据：																																			
<ul style="list-style-type: none"> <li>A 类判定：在技术要求限值内性能正常；</li> <li>B 类判定：功能或性能暂时降低或丧失，但能自行恢复；</li> <li>C 类判定：功能或性能暂时降低或丧失，但需操作者干预或系统复位；</li> <li>D 类判定：因设备（元件）或软件损坏，或数据丢失而造成不能自行恢复至正常状态的功能降低或丧失</li> </ul>																																			

图 15

图 15

CRCC  
中国铁路产品质量检验检测中心

(2023) GTJ (JL) 字第 W0454 号

共 34 页 第 21 页

中铁检验认证中心有限公司/国家铁路产品质量检验检测中心  
飞轮储能装置产品质量检测报告


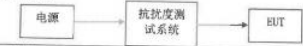
序号	检测项目	技术要求及检测结果	备注											
27	电磁兼容性试验	1、浪涌抗扰度试验												
		1.1 环境条件 环境温度：26.6℃ 相对湿度：52.8% 大气压力：101.10kPa												
		1.2 受试设备（EUT）工作状态描述： 接通 DC220V 电源，使样品处于正常工作状态，现场通过上位机及指示灯监测样品是否发生误动作或损坏												
		1.3 试验接线及布置												
														
		1.4 接线示意图 												
		1.5 测试参数 试验波形：波前/半峰值时间 $d/D=1.2\mu\text{s}/50\mu\text{s}$ ，试验次数：正负极性各 5 次												
		1.6 合格判据 B 级：受试设备允许功能或性能暂时降低或丧失，但能自行恢复												
		1.7 测试结果												
		<table><tr><th>测试端口</th><th>测试部位</th><th>试验等级</th><th>性能判定</th></tr><tr><td rowspan="2">DC220V, L1+N</td><td>线对地（共模）</td><td><math>\pm 500\text{V}</math>、<math>\pm 1000\text{V}</math>、<math>\pm 2000\text{V}</math> （严酷等级：3 级）</td><td>A</td></tr><tr><td>线之间（差模）</td><td><math>\pm 500\text{V}</math>、<math>\pm 1000\text{V}</math> （严酷等级：3 级）</td><td>A</td></tr></table>		测试端口	测试部位	试验等级	性能判定	DC220V, L1+N	线对地（共模）	$\pm 500\text{V}$ 、 $\pm 1000\text{V}$ 、 $\pm 2000\text{V}$ （严酷等级：3 级）	A	线之间（差模）	$\pm 500\text{V}$ 、 $\pm 1000\text{V}$ （严酷等级：3 级）	A
		测试端口		测试部位	试验等级	性能判定								
		DC220V, L1+N		线对地（共模）	$\pm 500\text{V}$ 、 $\pm 1000\text{V}$ 、 $\pm 2000\text{V}$ （严酷等级：3 级）	A								
线之间（差模）	$\pm 500\text{V}$ 、 $\pm 1000\text{V}$ （严酷等级：3 级）		A											

图 16

图 16

CRC

CHINA RAILWAY GROUP

(2023) GTJ (JL) 字第 W0454 号  
共 34 页 第 22 页

中铁检验认证中心有限公司/国家铁路产品质量检验检测中心  
飞轮储能装置产品质量检测报告



序号	检测项目	技术要求及检测结果	备注											
27	电磁兼容 性试验	2、静电放电抗扰度试验												
		2.1 环境条件 环境温度: 26.9℃ (15℃≤T≤35℃) 相对湿度: 52.8% (30%≤RH≤60%) 大气压力: 101.10kPa (86kPa≤P≤106kPa)												
		2.2 受试设备 (EUT) 工作状态描述: 接通 DC220V 电源, 使样品处于正常工作状态, 现场通过上位机及指示灯监测样品是否发生误动作或损坏												
		2.3 试验接线及布置												
														
		2.4 接线示意图 												
		2.5 测试参数 单次放电, 连续单次放电时间间隔 1s, 放电次数 10 次												
		2.6 合格判据 B 级: 受试设备允许功能或性能暂时降低或丧失, 但能自行恢复												
		2.7 测试结果												
		<table><tr><th>测试端口</th><th>放电部位</th><th>放电方式</th><th>试验等级</th><th>性能判定</th></tr><tr><td rowspan="2">外壳</td><td>金属外壳</td><td>接触放电</td><td>±2kV、±4kV、±6kV (严酷等级: 3 级)</td><td>A</td></tr><tr><td>绝缘外壳</td><td>空气放电</td><td>±2kV、±4kV、±8kV (严酷等级: 3 级)</td><td>A</td></tr></table>		测试端口	放电部位	放电方式	试验等级	性能判定	外壳	金属外壳	接触放电	±2kV、±4kV、±6kV (严酷等级: 3 级)	A	绝缘外壳
测试端口	放电部位	放电方式	试验等级	性能判定										
外壳	金属外壳	接触放电	±2kV、±4kV、±6kV (严酷等级: 3 级)	A										
	绝缘外壳	空气放电	±2kV、±4kV、±8kV (严酷等级: 3 级)	A										

图 17

<div><div><div></div><div>CRC</div><div>CHINA RAILWAY GROUP</div></div><div>(2023) GTJ (JL) 字第 W0454 号 共 34 页 第 23 页</div></div>		中铁检验认证中心有限公司/国家铁路产品质量检验检测中心 飞轮储能装置产品质量检测报告						
序号	检测项目	技术要求及检测结果	备注					
27	电磁兼容性试验	3、电快速瞬变脉冲群抗扰度试验						
		3.1 环境条件 环境温度: 26.9℃ 相对湿度: 52.8% 大气压力: 101.10kPa						
		3.2 受试设备 (EUT) 工作状态描述: 接通 DC220V 电源, 使样品处于正常工作状态, 现场通过上位机及指示灯监测样品是否发生误动作或损坏						
		3.3 试验接线及布置						
								
		3.4 接线示意图 						
		3.5 测试参数 重复频率: 5kHz, 单脉冲上升时间/脉冲持续时间 (Tr/Th): 5/50ns, 脉冲群持续时间/脉冲群周期: 15/300ms, 试验持续时间: 正负极性各 1min						
		3.6 合格判据 A 级: 工作性能正常, 不应出现任何故障						
		3.7 测试结果						
		<table><tr><th>测试端口</th><th>耦合方式</th><th>试验等级</th><th>性能判定</th></tr><tr><td>DC220V, L1+N</td><td>直接耦合</td><td>±4000V</td><td>A</td></tr></table>		测试端口	耦合方式	试验等级	性能判定	DC220V, L1+N
测试端口	耦合方式	试验等级	性能判定					
DC220V, L1+N	直接耦合	±4000V	A					

图 18

<div><div><div></div><div>CRC</div><div>CHINA RAILWAY GROUP</div></div><div>(2023) GTJ (JL) 字第 W0454 号 共 34 页 第 24 页</div></div>		中铁检验认证中心有限公司/国家铁路产品质量检验检测中心 飞轮储能装置产品质量检测报告						
序号	检测项目	技术要求及检测结果	备注					
27	电磁兼容性试验	4、射频场感应的传导骚扰抗扰度试验						
		4.1 环境条件 环境温度: 26.9℃ 相对湿度: 52.8% 大气压力: 101.10kPa						
		4.2 受试设备 (EUT) 工作状态描述: 接通 DC220V 电源, 使样品处于正常工作状态, 现场通过上位机及指示灯监测样品是否发生误动作或损坏						
		4.3 试验接线及布置						
								
		4.4 接线示意图 						
		4.5 测试参数 频率范围: 150kHz~80MHz, 1kHz 正弦波调幅 (80%AM 调制深度), 源阻抗 150Ω						
		4.6 合格判据 A 级: 工作性能正常, 不应出现任何故障						
		4.7 测试结果						
		<table><tr><th>测试端口</th><th>频率范围</th><th>试验等级</th><th>性能判定</th></tr><tr><td>DC220V, L1+N</td><td>150kHz~80MHz</td><td>载波电压 10Vrms (严酷等级: 3 级)</td><td>A</td></tr></table>		测试端口	频率范围	试验等级	性能判定	DC220V, L1+N
测试端口	频率范围	试验等级	性能判定					
DC220V, L1+N	150kHz~80MHz	载波电压 10Vrms (严酷等级: 3 级)	A					

图 19

CRC

CHINA RAILWAY GROUP

(2023) GTJ (JL) 字第 W0454 号  
共 34 页 第 25 页

中铁检验认证中心有限公司/国家铁路产品质量检验检测中心  
飞轮储能装置产品质量检测报告

序号	检测项目	技术要求及检测结果	备注									
27	电磁兼容性试验	5、工频磁场抗扰度试验										
		5.1 环境条件: 环境温度: 23.5 ℃ (15℃≤T≤35℃) 相对湿度: 39.6 % (25%≤RH≤75%) 大气压力: 102.20kPa (86kPa≤P≤106kPa)										
		5.2 受试设备 (EUT) 工作状态描述: 接通 DC220V 电源, 使样品处于正常工作状态, 现场通过上位机及指示灯监测样品是否发生误动作或损坏										
		5.3 试验接线及布置										
												
		5.4 接线示意图 										
		5.5 合格判据 A 级: 工作性能正常, 不应出现任何故障										
		5.6 测试结果										
		<table><tr><th>测试端口</th><th>磁场强度 (A/m)</th><th>持续时间 (s)</th><th>性能判定</th></tr><tr><td rowspan="2">机箱</td><td>100</td><td>60</td><td>A</td></tr><tr><td>300</td><td>10</td><td>A</td></tr></table>	测试端口	磁场强度 (A/m)	持续时间 (s)	性能判定	机箱	100	60	A	300	10
测试端口	磁场强度 (A/m)	持续时间 (s)	性能判定									
机箱	100	60	A									
	300	10	A									

图 20



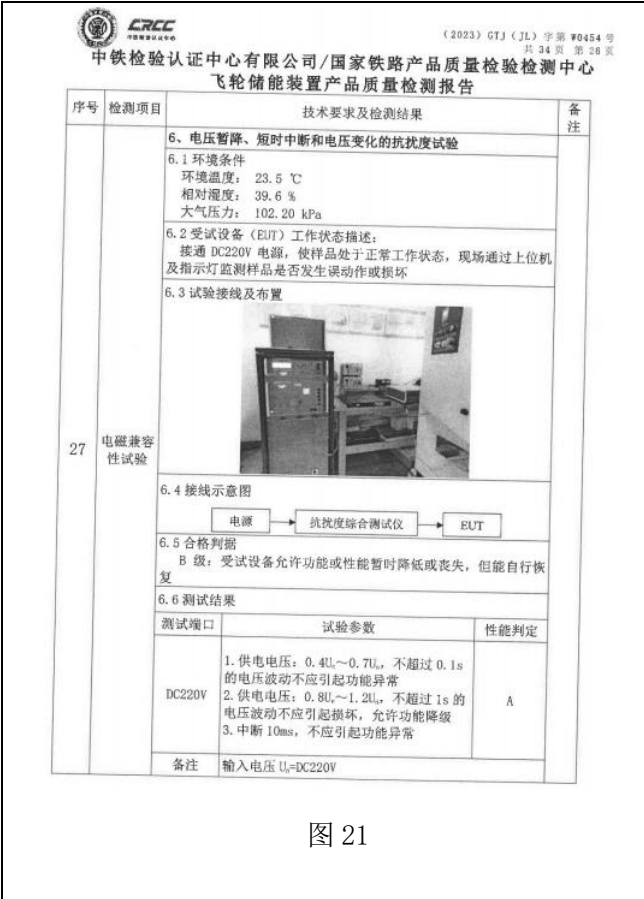


图 21

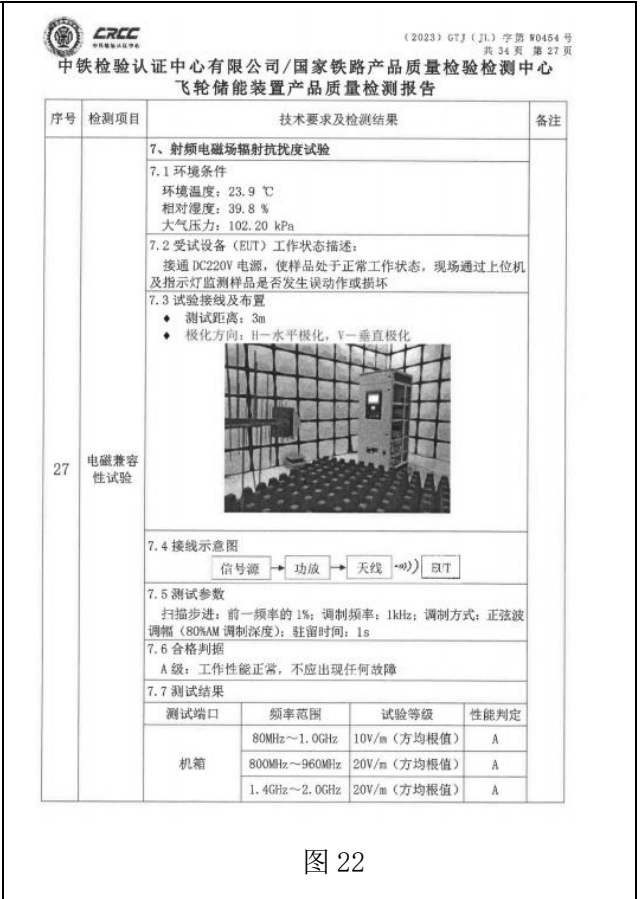


图 22

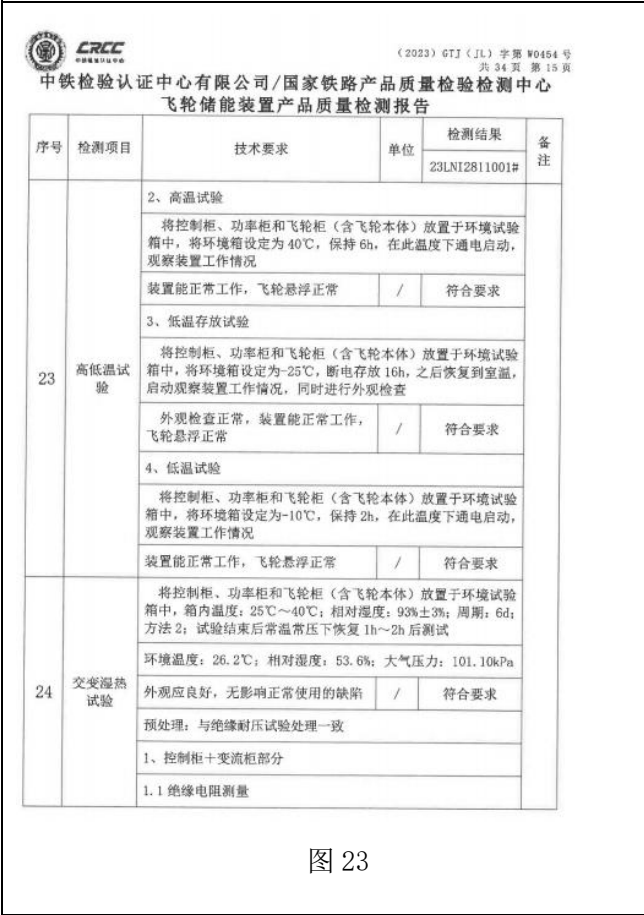


图 23

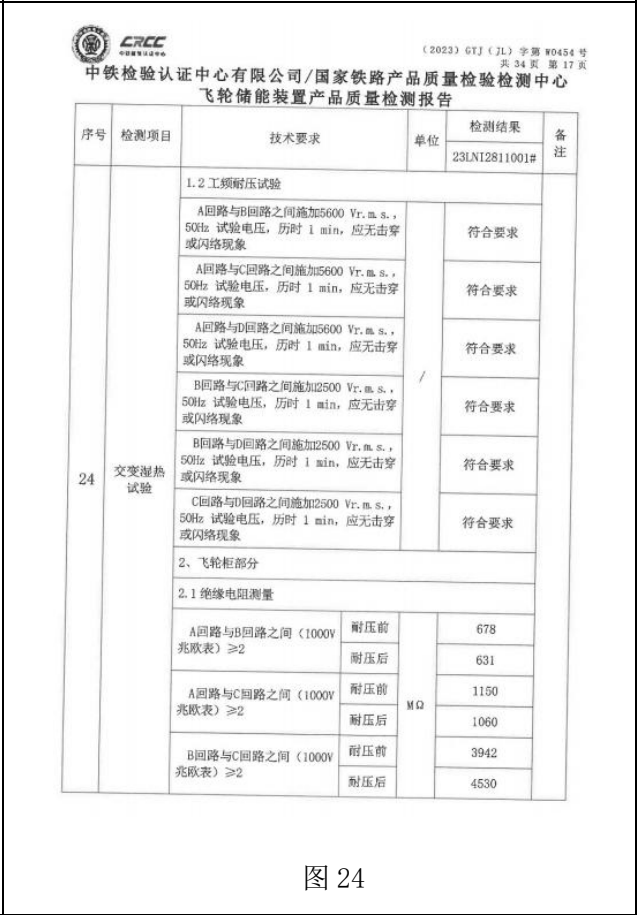


图 24





装置共计 15MW，预期全寿命周期节约电费超过 1.4 亿元。青岛地铁飞轮装机量已居国内首位，在已运营线路和三期新建线路将全部采用复合储能方案，总装机容量不低于 100MW。全部建设完毕后，全线网年节电可达 6200 万度，降碳约 6.2 万吨。

**7 采用国际标准的程度及水平的简要说明**

无。

**8 重大分歧意见的处理经过和依据**

无。

**9 贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容）**

本标准为新制定，为进一步推进标准的执行及宣贯，主要采取如下措施：

- 1) 标准发布后，积极开展标准宣贯工作；
- 2) 编制组联合中国城市轨道交通协会向相关方进行技术要求宣贯，深入阐述要求的合理性和先进性，积极推动在地铁建设运营中引用该标准；
- 3) 根据效果应用监测结果，进一步用实际工程效益验证技术要求及试验方法的合理性。

**10 其他应予说明的事项，如涉及专利的处理等**

无。