**《特定要求—城市轨道交通牵引供电系统》编制说明**

# 编制组及成员情况，参与技术交流的相关单位及专家情况

本实施规则由交铁检验认证中心（成都）有限公司负责起草编制，编制组主要成员包括李桂华、贾鹏、刘雪、王鹏。编制过程中邀请了主变压器、牵引变压器、牵引整流器、直流开关柜、排流柜、单向导通装置、35kV交流开关柜、直流电缆等产品的相关供应商以及有关高校、铁路局、设计院的专家，具体信息见下表。

**表1-1 编制组信息汇总表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **参编单位** | **主要产品** | **单位属性** | **参与人员** | **组内分工** |
| 1 | 西安高压电器研究院股份有限公司 | / | 检测单位 | 贾一凡 | 参编 |
| 2 | 广州白云电器设备股份有限公司 | 110KV主变压器  牵引整流变压器  直流开关柜  交流35KV开关柜  直流电缆 | 制造商 | 余龙 | 参编 |
| 3 | 中铁电气工业有限公司保定铁道变压器分公司 | 110KV主变压器  牵引整流变压器 | 制造商 | 徐志华 | 参编 |
| 4 | 顺特电气设备有限公司 | 110KV主变压器  牵引整流变压器 | 制造商 | 周茜 | 参编 |
| 5 | 沈阳变压器研究院有限公司 | 110KV主变压器  牵引整流变压器 | 制造商 | 李智 | 参编 |
| 6 | 常州太平洋电力设备（集团）有限公司 | 110KV主变压器  牵引整流变压器  交流35KV开关柜 | 制造商 | 袁春萍 | 参编 |
| 7 | 上海缆慧检测技术有限公司 | 直流电缆 | 制造商 | 吴雪梅 | 参编 |
| 8 | 杭州电缆股份有限公司 | 直流电缆 | 制造商 | 郭慧彬 | 参编 |
| 9 | 西安中车永电电气有限公司 | 牵引整流器  排流柜  单向导通装置 | 制造商 | 李国锋  牛一疆 | 参编 |
| 10 | 株洲中车时代电气股份有限公司 | 牵引整流器 | 制造商 | 陈广赞  杨军  唐亚军 | 参编 |
| 11 | 珠海南自电气系统工程有限公司 | 直流开关柜  排流柜  单向导通装置 | 制造商 | 黎兴源 | 参编 |
| 12 | 西门子交通技术（北京）有限公司 | 直流开关柜 | 制造商 | 石宏明 | 参编 |
| 13 | 徐州中矿传动轨道科技有限公司 | 排流柜  单向导通装置 | 制造商 | 王禹桥 | 参编 |
| 14 | 天津中车机辆装备有限公司 | / | / | 尚玉林  张志华 | 评审专家 |
| 15 | 中铁二院地铁电化分院 | / | / | 陈慧洲 | 评审专家 |
| 16 | 中国铁路北京局集团有限公司 | / | / | 张玉平 | 评审专家 |
| 17 | 西南交通大学--电气工程学院 | / | / | 吴海波 | 评审专家 |
| 18 | 西南交通大学--材料科学与工程学院 | / | / | 朱旻昊 | 评审专家 |
| 19 | 天津中车机辆装备有限公司 | / | / | 尚玉林 | 意见处理评审专家 |
| 20 | 中铁二院地铁电化分院 | / | / | 陈慧洲 | 意见处理评审专家 |
| 21 | 西南交通大学--电气工程学院 | / | / | 吴海波 | 意见处理评审专家 |
| 22 | 西安中车永电电气有限公司 | 牵引整流器  排流柜  单向导通装置 | 制造商 | 李国锋  牛一疆 | 意见处理评审专家 |

# 编制过程概述

受中国城市轨道交通协会城轨装备认证技术委员会委托，交铁检验认证中心（成都）有限公司2022年3月启动了CURC城市轨道交通装备产品认证实施规则——供电系统特定要求的编制工作，通过对相关生产制造、运用、检测、设计等单位的调研以及推荐，经过策划准备、编制、征求意见、评审等过程，完成了实施规则特定要求《城市轨道交通装备产品认证实施规则-特定要求 供电系统》（草案）。

本次实施规则的编制时间及工作安排如下表2：

**表2-1 编制时间及工作安排汇总表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **阶段** | **时间** | **工作内容** |
| 1 | 准备阶段 | 3月22日-4月15日 | 1. 成立编制组，策划编制方案； 2. 查询产品及相关方信息，组织参编相关方成立产品技术组； 3. 组织调研，收集、整理基本资料。 |
| 2 | 编制阶段 | 4月15日-5月6日 | 1. 召开编制组及产品技术组研讨会，讨论产品特点并宣贯规则编制目标、原则及要求； 2. 调研各产品市场应用情况，产业政策、产品功能性能、认证开展、产品市场占有率等情况； 3. 调研各产品生产现状、生产依据标准情况、生产工艺、关键原料及零部件情况、检测单位情况、能力及资源配置等情况； 4. 整理各产品调研情况，编制实施规则初稿以及编制说明初稿。 |
| 3 | 征求意见 | 5月6日-5月15日 | 1. 将实施规则初稿以及编制说明初稿发送至各个相关方征求意见； 2. 对存在有异议或意见的条款组织多次研讨解决； 3. 根据反馈意见及研讨意见修改实施规则初稿和编制说明初稿。 |
| 4 | 评审阶段 | 5月15日-5月26日 | 1. 分别成立供电系统和工务系统评审组； 2. 组织专家组对实施规则初稿和编制说明初稿进行评审； 3. 根据评审意见进行沟通并修改； 4. 形成供电系统和工务系统实施规则草案和各产品编制说明草案。 |
| 5 | 修改阶段 | 7月-8月 | 1. 根据各个产品汇总各机构提出的反馈意见； 2. 各专业编制组分析反馈意见，并就有争议的问题与相关专业专家沟通讨论； 3. 各专业编制组根据具体问题进行修改并对意见进行回复； 4. 邀请专家对修改及回复问题进行评审定稿。 |

# 产品目前的生产应用情况概述

## 3.1 110KV主变压器

地铁主变电所将城市电网的高压110KV电能降压后以35KV或10KV的电压等级分别供给牵引变电所和降压变电所。为保证供电的可靠性，一条地铁线路通常设置两座或两座以上主变电所，主变电所由两路独立的电源进线供电，内部设置2台相同的主变压器，由城市电网区域变电站引入两路独立的专用线供电，两路同时运行，互为备用。

我国早期建成的城市轨道交通工程中供电设备基本采用进口设备，如主变压器、110kV GIS、35kV GIS等。随着我国机电制造行业技术和制造水平的提高，从九十年代初开始了地铁供电设备的国产化。经过引进、消化吸收国外同类产品的先进技术和制造工艺，到目前为止，供电设备产品的国产化已经成熟，供电设备的可靠性得到提高，价格明显下降。目前，主变电所涉及的设备，油浸式变压器、110kVGIS、35kV GIS、智能变电所综合自动化系统均已实现了国产化。

由于城市轨道交通的负荷容量大、波动大，主变电所的变压器需要采用性能稳定、安全可靠、带有载调压的变压器。国内生产油浸变压器的工厂较多，生产经验比较丰富，质量相对稳定，目前，国内电力系统和轨道交通的主变电所的变压器大多数都采用此类变压器。代表性的生产厂有：沈阳变压器厂，西安变压器厂，上海变压器厂，保定变压器。同时还有近几年与国外大公司合资经营的工厂，例如：阿尔斯通（上海）、西门子（济南）、ABB（合肥）、东芝（常州）变压器厂等。该产品目前已广泛应用于国内大铁、地铁等工程项目。

## 3.2 整流变压器

城市轨道交通牵引整流变压器是一种静止的电气设备，采用无励磁调压方式，通常分为10kV、20kV、35kV三种电压等级，主要同于轨道交通直流电网；器身由绕在共同铁心上的两个或两个以上的线圈组成，通过交变磁场把一次绕组和二次绕组联系在一起完成改变电压、电流和传递电能的功能。

国内的整流变压器生产厂家通过多年的引进技术和设备、消化吸收，已完全掌握了先进的设计、制造工艺，产品性能已达到国际同类设备先进水平。国产设备已在成都地铁1、2、3、4、7、10号线，广州地铁2、3、4号线，上海轨道交通新五线，深圳地铁一期工程，天津滨海轻轨线，南京地铁1号线，重庆轻轨较新线一期工程，大连快速轨道交通3号线，长春轻轨一期工程和北京地铁新建工程等投入使用，运行稳定。

目前国内主流牵引整流变压器供应商包括广东顺特特种变压器厂、常州太平洋、中铁保变、江苏华鹏、北京华泰、海南金盘、山东金曼克、上海变压器厂、新疆特种变压器厂等企业。

## 3.3 牵引整流器

目前国内有株洲中车时代电气股份有限公司、上海整流器厂有限公司、西安中车永电电气有限公司、北京华泰变压器有限公司等多家整流器产品制造商，均已经具备了生产牵引整流器的电子装联、柜体及配件加工、整机装配、检验试验等核心工艺技术。以时代电气为例，整流器采用流水线装配方式，各工序都配备了检测控制手段，极大的保证了产品的可靠性，目前产能可以达到每年500个标准站（每年约1000 面地铁整流器）。此产品已广泛运用于各城市轨道交通行业，包括：北京、上海、成都、重庆、广州、长沙、福州、沈阳、武汉等各城市的轨道交通线路，且该产品的相关产业已较为完善。

## 3.4 直流开关柜

直流开关柜由于开发费用较高、试验严格，其国产化成熟进度较为缓慢。目前，上海电器成套厂与ADTRANZ、江苏大全电气集团与SECHERON合作生产直流开关柜；GE公司也正在国内寻找合作厂商，共同研制、生产直流快速开关柜。SIEMENS（中国）有限公司在国内有供货业绩；上海拓及轨道交通设备有限公司已向成都3号线、7号线、10号线供货；天津凯发电气有限公司已向成都4号线、9号线供货；江苏大全电气集团已向成都地铁1、2号线，长春轻轨、天津轻轨、南京地铁、南昌地铁1号线、上海轨道交通及北京地铁供货。英国FKI能源科技开关部在上海建厂并开始向国内地铁供货。直流开关柜目前处于主要部件国外采购，国内整机组装的阶段。

## 3.5 排流柜

目前地铁和轻轨的牵引方式采用电力牵引，且大多数为直流供电。列车所需电流由牵引变电所提供，通过接触网（架空线或接触轨）向列车送电，并通过走行轨作为牵引电流回路，返回牵引变电所，由于钢轨对地不可能完全绝缘，有大部分电力泄露到大地，称之为杂散电流。杂散电流会导致埋地金属结构尤其是钢轨和钢轨紧固件严重的杂散电流腐蚀。

排流柜是杂散电流腐蚀防护系统中的重要设备，采用极性排流的原理，即只有当埋地结构钢相对于负母线的电位为正时，才有电流通过形成电流回路，泄露的杂散电流通过电流回路至牵引直流电源负极，从而有效的防止杂散电流对高架现浇混凝土简支箱梁内钢筋、隧道内结构钢筋、整体道床结构钢筋以及沿线金属设备的电腐蚀破坏，同时防止杂散电流向轨道交通外部泄露。

排流柜装置由主回路和检测控制系统两部分组成。主回路的核心部件是硅二极管，在主回路中串联电阻用于调节排流电流大小，并串联快速熔断器和分流器，快速熔断器还与并联的RC回路共同组成了保护系统。

排流柜目前应用比较广泛的有750V排流柜和1500V排流柜，带IGBT（绝缘栅双极型晶体管）和不带IGBT（绝缘栅双极型晶体管）的排流柜。

## 3.6 单向导通装置

单向导通装置和排流柜为杂散电流腐蚀防护系统中的重要设备，目前在城市轨道领域应用广泛。单向导通装置的主要器件为整流二极管，作用是使钢轨中电流只流向一个方向，而在另一个方向截止。目前单向导通装置的种类较多，在车辆段处使用普通型单向导通装置，而在地铁供电线路正线上使用带消弧功能的单向导通装置。带消弧功能的导通装置既可以起到回流电流的单向导通作用，又具有消弧作用，所以目前带消弧功能的导通装置得到广泛应用。

## 3.7 交流35kV开关柜

交流35kV开关柜为三相交流开关设备，以气体作为灭弧和绝缘介质，广泛应用于城市轨道交通、变电站、化工、石油、船舶、海上平台、核电等领域，特别是高海拔、环境恶劣场合的配电系统，该产品从本世纪初国内开始进行技术引进、技术研发，通过十几年的生产工艺突破和技术提升，产品已较为成熟。

交流35kV开关柜设备以其开断能力强、可靠性高、少维护及占地少等优点在国内城市轨道交通中得到了广泛使用，不过其主要部件仍需进口。目前，国内厂商通过与ABB、SIEMENS、SCHNEIDER、GE、TAMCO等国际知名生产商进行合资或关键部件原装引进的方式，在国内完成开关柜的整体组装。国内组装柜已在成都地铁1、2、3、4、7、10号线、广州地铁、上海地铁、深圳地铁等各条线路投入使用且运行稳定，其中深圳地铁4号线的环保气体柜目前已投入使用，运行稳定。

目前国内有厦门ABB、上海SIEMENS、苏州Schneider、常州太平洋、江苏现代重工、广州白云电器等多家交流35kV开关柜产品制造商。

## 3.8 直流电缆

城市轨道交通牵引供电系统用直流电缆通常采用额定电压为DC1500V或DC750V输电电力电缆。该产品用于城轨交通传输动力电源及直流供电系统的电力传输，通常敷设在隧道电缆架、地面电缆沟等场景。

国内已有多家电缆生产厂家研制出1500V直流电缆，如：江苏宝胜、上海交联、杭州电缆、上海特缆等企业，目前已在国内轨道交通工程中应用，运行稳定。

# 推荐依据标准的适用性分析

## 4.1 110kV主变压器

GB 1094电力变压器系列标准涵盖了三相及单相变压器（包括自耦变压器）的相关技术条件，范围覆盖了110kV主变压器常用的油浸式变压器，将该标系列准中的相关部分纳入认证要求是非常合理和必要的，其它产品的适用性说明详见下表：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **标准编号级名称** | **说明** |
| 1 | GB/T 1094.1 电力变压器 第1部分：总则 | 该标准作为GB 1094系列标准总则，对三相及单相变压器（包括自耦变压器）的分类、试验、特性参数、环境、运输等作出了强制性的规定。其范围涵盖了轨交主变压器常用的油浸式有载调压电力变压器。建议作为产品标准纳入认证要求。 |
| 2 | GB 1094.2 电力变压器 第2部分：液浸式变压器的温升 | 该标准为液浸式变压器的温升试验的检测标准，不建议纳入产品标准。 |
| 3 | GB/T 1094.3 电力变压器 第3部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙 | 该标准为变压器的绝缘试验的检测标准，不建议纳入产品标准。 |
| 4 | GB/T 1094.4 电力变压器 第4部分：电力变压器和电抗器的雷电冲击和操作冲击试验导则 | 该标准为电力变压器和电抗器的雷电冲击和操作冲击试验检测标准，不建议纳入产品标准。 |
| 5 | GB 1094.5 电力变压器 第5部分：承受短路的能力 | 该标准为变压器的短路承受能力试验的检测标准，不建议纳入产品标准。 |
| 6 | GB/T 1094.6-2011 电力变压器 第6部分：电抗器 | 该标准为零部件标准，不适用。 |
| 7 | GB/T 1094.7-2008 电力变压器 第7部分：油浸式电力变压器负载导则 | 不适宜作为产品标准。 |
| 8 | GB/T 1094.10 电力变压器 第10部分：声级测定 | 该标准为变压器冷却方式的声级测定的检测标准，不建议纳入产品标准。 |
| 9 | GB/T 1094.101 电力变压器 第10.1部分：声级测定 应用导则 | 已包含在GB/T 1094.10 |
| 10 | GB 1094.11 电力变压器 第11部分：干式变压器 | 该标准范围不适用 |
| 11 | GB/T 1094.12 电力变压器 第12部分：干式电力变压器负载导则 | 该标准范围不适用 |
| 12 | GB/Z 1094.14 电力变压器 第14部分：采用高温绝缘材料的液浸式变压器的设计和应用 | 该标准范围不适用 |
| 13 | GB/T 1094.15 电力变压器 第15部分：充气式电力变压器 | 该标准范围不适用 |
| 14 | GB 1094.16 电力变压器 第16部分 风力发电用变压器 | 该标准范围不适用 |
| 15 | GB/T 1094.18 电力变压器 第18部分：频率响应测量 | 该标准范围不适用 |
| 16 | GB/T 1094.23 电力变压器 第23部分：直流偏磁抑制装置 | 该标准范围不适用 |
| 17 | GB/T 6451 油浸式电力变压器技术参数和要求 | 该标准为油浸式电力变压器产品标准，规定了油浸式电力变压器性能参数、技术要求、检验规则及方法、标志、包装、运输等。产品范围涵盖了地铁主变压器，要求高于GB 1094.1,建议作为产品标准纳入认证要求。 |
| 18 | GB 20052 电力变压器能效限定及能效等级 | 该标准为 电力变压器能效限定及能效等级判定标准，其中定义了能效等级1、2、3级能效要求。GB/T 6451中关于能效等级的要求为GB20052中的3级。  根据调研情况，目前行业内主流要求为3级，  部分产品为2级，很少能达到1级。  综上，该产品关于产品能效的要求至少为3级，具体能效等级要求通常是按照用户需求确定。 |

**表4-1 110kV主变标准适用性说明**

综上，建议110kV主变压器的认证标准采用GB/T 1094.1 《电力变压器 第1部分：总则》、GB/T 6451 《油浸式电力变压器技术参数和要求》、GB 20052 《电力变压器能效限定及能效等级》。

## 4.2 牵引整流变压器

推荐标准分析和标准适用性说明如下：

**表4-2 牵引整流变压器标准适用性说明**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **标准编号级名称** | **说明** |
| 1 | JB/T 10693 城市轨道交通用干式牵引整流变压器 | 该标准为2007年国家发改委发布的机械行业标准，范围涉及城市轨道交通用干式牵引整流变压器型号及联结方法、技术要求、试验项目、标志、包装、运输、贮存等要求，该标准为本产品标准，适合作为认证标准纳入认证要求。适合作为认证标准纳入认证要求。 |
| 2 | CJ/T 370 城市轨道交通直流牵引供电整流机组技术条件 | 该标准为2012年国家住建部发布的城镇建设行业标准，范围涉及城市轨道交通直流牵引供电整流机组一般技术条件要求。牵引整流变压器作为牵引供电整流机组的一部分，该标准规定了牵引整流变压器的试验和技术条件等内容，规定中除了JB/T 10693、GB/T 1094.11的要求外，该标准从整机组的角度提出了新的要求。适合作为认证标准纳入认证要求。 |
| 3 | GB/T 35553 城市轨道交通机电设备节能要求 | 该标准为2018年质量监督检验检疫总局、国家标准化管理委员会联合发布的国家推荐标准，范围涵盖城市轨道交通供电、照明、通信信号、运营显示设备、动力设备等设备的节能要求以及相关试验方法。其中规定了35kV、10kV干式牵引整流变压器能效限定值。适合作为认证标准纳入认证要求。 |

综上，建议牵引整流变压器的认证标准采用JB/T 10693 《城市轨道交通用干式牵引整流变压器》、CJ/T 370 《城市轨道交通直流牵引供电整流机组技术条件》、GB/T 35553 《城市轨道交通机电设备节能要求》。

## 4.3 牵引整流器

推荐标准分析和标准适用性说明如下：

**表4-3 牵引整流器标准适用性说明**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **标准编号** | **标准名称** | **说明** |
| 1 | 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 | 第1部分为半导体变流器产品的通用基本要求，内容包括：术语定义、设备的类型、设备主要技术参数、基本运行和运行条件、设备和组件性能要求以及设备的试验要求。从标准的整体内容，该部分标准适用于牵引整流器。 |
| 2 | GB/T 3859.3-2013 | 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-3部分：变压器和电抗器 | 第3部分为适用于GB/T 3859.1规定的电力变流设备所配套的变流变压器和电抗器的要求。不适用。 |
| 3 | CJ/T 370-2011 | 城市轨道交通直流牵引供电整流机组技术条件 | 规定了城市轨道交通直流牵引供电整流机组技术条件的一般要求，牵引整流变压器、牵引整流器、试验、标志、包装、运输和储存。适用于城市轨道交通直流牵引供电以二极管器件为整流单元的整流机组的产品设计、制造、试验。 |

综上所述，GB/T 3859.1较完整地对整流器的技术要求、检验方法、检验规则、标志及储运进行了规定，但部分特定要求不完善，需同时采用CJ/T 370-2011的产品标准。

## 4.4 直流开关柜

推荐标准分析和标准适用性说明如下：

**表4-4 直流开关柜标准适用性说明**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **标准编号** | **标准名称** | **说明** |
| 1 | GB/T 25890.1 | 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第 1 部分：总则 | 本部分规定了GB/T 25890通用的基本要求，规定了直流开关设备及控制设备的要求，针对试验的条件、细则及判定依据做了详细规定，GB/T 25890.6的试验部分引用到GB/T 25890.1中。综合考虑各厂家意见，不建议作为直流开关柜开展认证所依据的产品标准。 |
| 2 | GB/T 25890.2 | 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第 2 部分：直流断路器 | 直流断路器、户内/户外直流隔离开关、户内/户外负荷开关、户内/户外接地开关、直流避雷器以及低压限制器均为直流开关柜的零部件，GB/T 25890.2~GB/T 25890.5标准为零部件产品标准，不适宜作为整个直流开关柜开展认证所依据的产品标准。 |
| 3 | GB/T 25890.3 | 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 |
| 4 | GB/T 25890.4 | 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第 4 部分：户外直流隔离开关、负荷开关和接地开关 |
| 5 | GB/T 25890.5 | 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第 5 部分：直流避雷器和低压限制器 |
| 6 | GB/T 25890.6 | 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第 6 部分：直流成套开关设备 | 本部分规定了牵引系统户内地面装置中标称电压不超过3000V的金属外壳或非金属外壳的直流成套开关设备的要求。适宜作为直流开关柜开展认证所依据的产品标准。 |
| 7 | GB/T 25890.7 | 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第 7-1 部分：直流牵引供电系统专用测量、控制和保护装置 应用指南 | GB/T 25890.7~GB/T 25890.9为直流开关柜控制及保护装置的产品标准，控制及保护装置作为直流开关柜的关键设备，其所依据的标准不适宜作为直流开关柜开展认证所依据的产品标准。 |
| 8 | GB/T 25890.8 | 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第 7-2 部分：直流牵引供电系统专用测量、控制和保护装置 隔离电流变送器和其他电流测量设备 |
| 9 | GB/T 25890.9 | 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第 7-3 部分：直流牵引供电系统专用测量、控制和保护装置 隔离电压变送器和其他电压测量设备 |

综上，推荐的标准GB/T 25890.6适宜作为直流开关柜产品认证所依据的产品标准。

## 4.5 排流柜

排流柜属于杂散电流腐蚀防护系统，不属于电力控制装置，仅对电流进行回收，从产品功能上该产品类别属于变流产品，同时排流柜的主要零部件为二极管、IGBT（绝缘栅双极型晶体管）等半导体器件，所以排流柜应属于半导体变流产品,所以对于排流柜的主要功能部件构成设计和试验标准选用GB/T 3859.1是适宜的；对于排流柜来说，除了二极管、IGBT等组件，还有开关、控制单元、辅助装置等关键零部件，所以属于成套开关设备，编制组对GB 14048《低压开关设备和控制设备》系列标准和GB/T 25890《轨道交通 地面装置 直流开关设备》系列标准分别从适用范围、标准要求以及试验要求等方面进行了比对，GB/T 14048《低压开关设备和控制设备》中熔断器、隔离开关等试验项点并不适合单向导通装置，此系列标准仅可作为单向导通装置中开关类器件依据的标准。GB/T 25890.6是属于系统（装置）级的标准，试验项点覆盖了成套设备的主要功能、主电路部分的电气性能、机械特性，较为全面。GB/T 25890“适用于向公共轨道交通设施（如城轨车辆、有轨电车以及无轨电车等）供电的额定电压不超过直流3000V的地面电子装置”，所以选择GB/T 3859和GB/T 25890系列标准为本排流柜产品标准。

推荐标准分析和标准适用性说明如下：

**表4-5 排流柜标准适用性说明**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **标准编号** | **标准名称** | **说明** |
| 1 | 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 | 第1部分为半导体变流器产品的通用基本要求，内容包括：术语定义、设备的类型、设备主要技术参数、基本运行和运行条件、设备和组件性能要求以及设备的试验要求。从标准的整体内容，该部分标准适用于排流柜。 |
| 2 | GB/T 3859.2-2013 | 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-2部分：应用导则 | 第2部分为应用导则，主要是对半导体变流器应用场景以及使用环境等进行了规定，偏重于产品的应用。 |
| 3 | GB/T 3859.3-2013 | 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-3部分：变压器和电抗器 | 第3部分为变压器和电抗器的要求，排流柜不涉及，所以本部分不适用于排流柜。 |
| 5 | GB/T 25890.1-2010 | 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第1部分：总则 | 第1部分为总则，规定了标准的适用范围、设备工作条件要求、设备常规参数，以及各部分所涉及的试验项点的试验方法及试验要求等相关内容，该标准中的试验方法及试验要求，适用于排流柜，标准中所涉及的条款均在第6部分标准中有索引，故未列入产品标准中。 |
| 6 | GB/T 25890.6-2010 | 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第6部分：直流成套开关设备 | 第6部分，直流成套开关设备，标准规定了直流成套开关设备结构要求、技术特性以及试验方法及要求等相关内容，适用于排流柜的成套设备，所以选择该标准为排流柜的产品标准。 |

综上，建议排流柜的认证标准采用GB/T 25890.6 《轨道交通 地面装置 直流开关设备 第 6 部分：直流成套开关设备》、GB/T 3859.1 《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》。

## 4.6 单向导通装置

单向导通装置（简称“单导”）属于对电流通断进行控制的杂散电流防护设备，产品关键部件包括二极管支路、晶闸管等半导体器件，就核心功能而言，该产品属于变流产品，开关只是作为实现设备功能的一个手段，主体归类应为变流类产品，故标准依据GB/ T3859.1（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）是适宜的。

对于单向导通装置来说，除了二极管支路、晶闸管，还有保护装置、隔离开关、辅助检测单元和控制单元等关键零部件组成，所以属于成套设备，编制组对GB 14048《低压开关设备和控制设备》系列标准和GB/T 25890《轨道交通 地面装置 直流开关设备》系列标准分别从适用范围、标准要求以及试验要求等方面进行了比对，GB/T 14048《低压开关设备和控制设备》中熔断器、隔离开关等试验项点并不适合单向导通装置，此系列标准仅可作为单向导通装置中开关类器件依据的标准。GB/T 25890.6是属于系统（装置）级的标准，试验项点覆盖了成套设备的主要功能、主电路部分的电气性能、机械特性，较为全面。同时GB/T 25890适用范围是“适用于向公共轨道交通设施（如城轨车辆、有轨电车以及无轨电车等）供电的额定电压不超过直流3000V的地面电子装置”，所以选择GB/ T3859和GB/T 25890系列标准为单向导通装置产品标准。

**表4-6 单导标准适用性说明**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **标准编号** | **标准名称** | **说明** |
| 1 | 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 | 第1部分为半导体变流器产品的通用基本要求，内容包括：术语定义、设备的类型、设备主要技术参数、基本运行和运行条件、设备和组件性能要求以及设备的试验要求。从标准的整体内容，该部分标准适用于单向导通装置二极管支路的设计、技术参数要求以及试验要求。 |
| 2 | GB/T 3859.2-2013 | 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-2部分：应用导则 | 第2部分为应用导则，主要是对半导体变流器应用场景以及使用环境等进行了规定，偏重于产品的应用。 |
| 3 | GB/T 3859.3-2013 | 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-3部分：变压器和电抗器 | 第3部分为变压器和电抗器的要求，单向导通装置不涉及，所以本部分不适用于单向导通装置。 |
| 4 | GB/T 3859.4-2004 | 半导体变流器 包括直接直流变流器的半导体自换相变流器 | 单向导通装置属于直流变流器，所以第4部分中对产品的性能要求以及试验要求适用单向导通装置。 |
| 5 | GB/T 25890.1-2010 | 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第1部分：总则 | 第1部分为总则，规定了标准的适用范围、设备工作条件要求、设备常规参数，以及各部分所涉及的试验项点的试验方法及试验要求等相关内容，该标准中的试验方法及试验要求，适用于单向导通装置，标准中所涉及的条款均在第6部分标准中有索引，故未列入产品标准中。 |
| 6 | GB/T 25890.6-2010 | 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第6部分：直流成套开关设备 | 第6部分，直流成套开关设备，标准规定了直流成套开关设备结构要求、技术特性以及试验方法及要求等相关内容，适用于单向导通装置的成套设备，所以选择该标准为单向导通装置的产品标准。 |

综上，建议单导的认证标准采用GB/T 25890.6 《轨道交通 地面装置 直流开关设备 第 6 部分：直流成套开关设备》、GB/T 3859.1 《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》。

## 4.7 35kV交流开关柜

编制小组针对35kV交流开关柜产品特点及适用场景，对标准进行了分析并形成标准适用性说明：

**表4-7 35kV交流开关柜标准适用性说明**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **标准编号** | **标准名称** | **说明** |
| 1 | GB/T 3906 | 3.6kV-40.5kV交流金属封闭开关设备和控制设备 | 本标准规定了3.6kV-40.5kV交流金属封闭开关设备和控制设备使用条件、设计结构、出厂试验、型式试验等内容，适用于额定电压为3.6kV-40.5kV、户内或户外安装的、频率在50Hz及以下的交流金属封闭开关设备和控制设备。综上，该标准适宜作为交流35kV开关柜产品认证所依据的产品标准。 |
| 2 | GB 1984 | 高压交流断路器 | 本部分针对安装在户内或户外且运行在频率50Hz,电压在3000V及以上的系统中的交流断路器设备，规定了其设计、选型、型式试验、出厂试验等要求，断路器为金属封闭开关设备的元器件，GB 1984作为金属封闭开关设备元器件部分的产品标准，不建议将其作为金属封闭开关设备开展产品认证依据的产品标准。 |
| 3 | GB 1985 | 高压交流隔离开关和接地开关 | 本部分针对安装在户内或户外且运行在频率50Hz,电压在3000V及以上的系统中，端子是封闭和敞开的交流隔离开关和接地开关，规定了其设计、选型、型式试验、出厂试验等要求，隔离开关和接地开关为金属封闭开关设备的元器件，GB 1984作为金属封闭开关设备元器件部分的产品标准，不建议将其作为金属封闭开关设备开展产品认证依据的产品标准。 |
| 4 | GB/T 11022 | 高压开关设备和控制设备标准. | 本标准适用于电压3kV以上，频率50Hz及以下的电力系统中运行的户内、户外安装的交流开关设备和控制设备。GB/T 3906中试验部分引用GB/T 11022的条款，综合考虑厂家建议，不建议作为交流35kV开关柜产品认证所依据的产品标准。 |

综上，推荐的标准GB/T 3906适宜作为交流35kV开关柜产品认证所依据的产品标准。

## 4.8 直流电缆

GB/T 28429适用于轨道交通额定电压1500V及750V直流电缆及电缆附件的技术条件、试验、验收、标志、包装、运输、保管等要求，范围涵盖了城市轨道交通牵引供电系统用直流电缆，建议作为产品标准纳入认证要求。

# 产品产业政策说明

无

# 对认证模式选择的分析

牵引供电系统下8个产品均不涉及存在安全性风险且由电气/电子/可编程电子系统组成或驱动的产品，故不涉及功能安全认证。

该类产品生产工艺成熟，已广泛投入运营，故根据《城市轨道交通装备产品认证实施规则 通用要求》CNCA-CURC-01:2019中2 认证模式分类，建议采用认证的基本模式：

型式试验+初始工厂检查+获认证后监督；

该类产品目前在国内生产、应用相对成熟，通过产品标准规定的试验项目可完成对产品的质量、功能和性能的检测，故型式试验内容为产品抽样检验检测，不涉及设计鉴定、运行考核。

# 对认证单元划分的分析

## 7.1 110kV主变压器

110kV主变压器主要有三相叠铁心油浸式电力变压器、三相卷铁心油浸式电力变压器、三相叠铁心气体绝缘变压器、三相卷铁心气体绝缘变压器共计四种型号；其中气体绝缘变压器目前暂无相关国家/行业标准，现有产品标准未能覆盖气体绝缘变压器，建议暂不纳入认证目录；根据行业内征求意见，建议110kV主变压器认证单元划分为：110kV三相叠铁心油浸式有载调压电力变压器、110kV三相卷铁心油浸式有载调压电力变压器两种。

## 7.2 牵引整流变压器

该产品按照电压等级划分目前主要有10kV、20kV、35kV三种电压等级,目前国内暂未涉及20kV电压等级；产品电压等级主要跟铁心绕组的圈数有关，其它结构方面无差别，但是电压等级不能相互覆盖/认可，如不同电压等级产品的型式试验中耐压要求不同。

综上，建议牵引整流变压器按照电压等级划分：

10kV牵引整流干式变压器；

35kV牵引整流干式变压器。

## 7.3 牵引整流器

国内目前城市轨道交通最常用的主流制式是DC1500V的供电方式，除此之外北京、昆明等地部分轨道交通线路以及有轨电车项目也有采用DC750V的供电方式，其它电压制式目前在国内基本没有应用，且CJ/T 370中也对整流器做了750V和1500V的划分。因此按照产品工作电压制式不同可将整流器分为750V整流器及1500V整流器两个大的单元。

综上所述，将牵引整流器分为750V和1500V两个单元。

## 7.4 直流开关柜

国内目前城市轨道交通最常用的主流制式是DC1500V的供电方式，其它电压制式目前在国内基本没有应用，因此按照产品工作电压制式不同可将直流开关柜分为750V直流开关柜及1500V直流开关柜两个大的单元。

## 7.5 排流柜

根据调研了解，目前排流柜的种类较多，根据各家生产及应用功能不同，通常有750V、1500V电压不同，普通型和智能型等。普通型和智能型分类无明确界限规定，以此划分认证单元不适宜；排流柜的电压等级不同，则关键零部件如二极管设置等不同，相对应的功能试验、额定电流、保护系统性能等均不同。综上所述，建议认证单元划分为：

750V排流柜、1500V排流柜。

## 7.6 单向导通装置

根据对市场行情调研了解，目前单向导通装置的种类较多，通常有750V、1500V电压不同，普通型和智能型等应用场景不同，智能型产品应用较少，单向导通装置的电压等级不同，则关键零部件如二极管设置等不同，相对应的功能试验、额定电流、保护系统性能等均不同。综上所述，建议认证单元划分为：

750V单向导通装置、1500V单向导通装置。

## 7.7 交流35kV开关柜

1、不考虑按灭弧介质划分(SF6断路器、真空断路器），原因是气体绝缘金属封闭开关设备很少采用SF6断路器。

2、不考虑按额定电流划分，因为目前国内气体绝缘金属封闭开关设备额定电流只有1250A和2500A两种。并且依据标准《JB∕T 8754-2018 高压开关设备和控制设备型号编制办法》中5.2.3章节的规定，产品规格型号的定义包含了额定电流的信息，故不再考虑按照额定电流划分认证单元。

3、不考虑按短路电流划分，因为目前国内气体绝缘金属封闭开关设备短路电流只有25kA和31.5kA两种。并且依据标准《JB∕T 8754-2018 高压开关设备和控制设备型号编制办法》中5.2.3章节的规定，产品规格型号的定义包含了短路电流的信息，故不再考虑按照短路电流划分认证单元。

4、考虑按绝缘介质划分。常见的35kV充气柜按绝缘介质划分为：环保气体绝缘、非环保气体绝缘，产品本身的结构/性能有较大差别。针对气箱内绝缘介质的不同，制造商在认证申请时需明确气箱内绝缘介质类型。

综合上述分析，交流35kV开关柜认证单元划分为气体绝缘介质交流金属封闭开关柜。

## 7.8 直流电缆

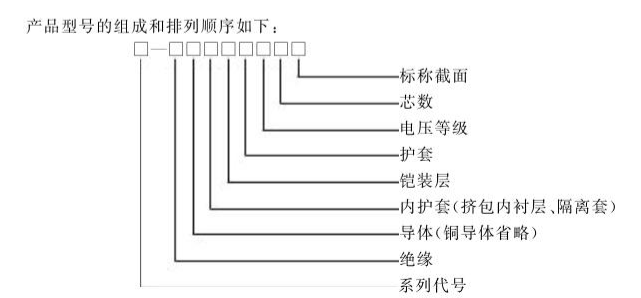


图1 GB/T 28429中关于产品型号命名的规定

对于直流电缆，规格型号命名方式如图；其中系列代号、导体基本已确定，该类产品型号主要根据电压等级、芯数、护套、绝缘等不同而在规格型号中不同。故建议对直流电缆产品不再进行认证单元划分。

# 对风险类别划分的分析

城市轨道交通牵引供电系统的产品品质直接关系供电可靠性和安全性，影响列车的牵引动力，同时只影响部分的运营安全，不属于直接关系运营安全的产品，结合《城市轨道交通装备产品认证实施规则 通用要求》CNCA-CURC-01:2019中4.4.3条中对产品风险类别分类，该类产品为关系运营安全的一般产品，所以风险类别划分为“第2类风险”。

# 关键零部件和材料清单、控制项目的确定过程及相关分析

## 9.1 110kV主变压器

构成110kV主变压器并能直接影响其产品性能、功能的关键零部件或材料主要分为以下几种：

* 铁心材质：主要影响产品空载及空载电流等关键参数；
* 线材：主要影响产品负载损耗及阻抗值等；
* 油箱：保护器身的关键零部件，直接影响产品密封性能；
* 绝缘介质（主要为变压器油）：直接影响产品绝缘、散热、消弧等性能；
* 套管：箱外绝缘装置，变压器带有套管时适用。

以上这些这些元件/原材料的缺失或故障均会直接影响产品的正常使用、性能，故建议纳入关键零部件和材料清单并加以控制。

## 9.2 牵引整流变压器

根据调研，构成牵引整流变压器的零部件或材料主要有以下几种：

* 铁心：主要影响产品空载及空载电流等关键参数，建议纳入关键零部件清单；
* 线圈：主要影响产品负载损耗及阻抗值等，建议纳入关键零部件清单；
* 树脂：起固化线圈功能，直接影响产品防尘、防潮、绝缘、抗短路能力等性能，建议纳入关键零部件清单；
* 外壳：保护器身的功能，部分产品根据使用环境不同，可能无该部件，对产品整体性能影响不大，建议不纳入关键零部件清单；
* 温控器：实施监测变压器温度，不直接影响产品性能，故障率低，不建议纳入关键零部件清单。

## 9.3 牵引整流器

牵引整流器关键部件、控制项目确定的说明详见下表：

**表9-1 牵引整流器关键部件、控制项目、变更后检测项目选择说明**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **零部件和材料名称** | **控制项目** | **变更后需要**  **检测的项目** | **选择说明** |
| 箱体 | 制造商、规格型号 | 变更时需进行IP防护等级 | 对产品防护要求影响，箱体多为外购，所以对该零部件的主要控制项目为制造商，箱体规格型号的不同材质、尺寸等也不同，箱体的规格型号也为该零部件的控制项目。 |
| 二极管 | 制造商、规格型号 | 变更时，需按常规检测项目进行必要的功能进行验。 | 产品功能实现的核心元器件，该产品主要为外购，所以对该零部件的主要控制项目为制造商和规格型号。 |
| 快速  熔断器 | 制造商、规格型号 | 变更时，需按常规检测项目进行必要的功能进行验。 | 半导体整流元件或整流装置的短路保护。该部件多为采购，不同制造商、不同规格型号性能不一致，因此制造商、规格型号。 |
| 负载电阻 | 制造商、规格型号 | 变更时，需按常规检测项目进行必要的功能进行验。 | 假性负载，支撑输出电压稳定的结构，整流器空载时稳定整流器空载电压。该部件多为采购，不同规格型号性能不一致，因此制造商、规格型号。 |
| 控制单元 | 制造商、规格型号、软件版本号 | 变更时，需按常规检测项目进行必要的功能进行验，同时还应进行电磁兼容试验进行考扰度验证。 | 控制单元能实现电流、电压数据采集，二极管、支路开关状态信号采集，控制单元分为硬件设备和软件两部分，其中硬件部为外购，所以对控制单元硬件控制项目为制造商、规格型号；对于控制单元的软件部分，大多企业采用自主研发方式，所以软件版本为关键件的控制项目。 |

## 9.4 直流开关柜

构成直流开关柜并能直接影响其产品性能、功能的关键零部件或材料主要分为以下几大类：

* 开关元件：直流快速断路器、直流隔离开关；直流快速断路器是指能够关合、承载和开断正常回路条件下的电流并能在规定的时间内关合、承载和开断异常回路条件下的电流的开关装置，对电源线路实行保护，当它们发生严重的过载或者短路及欠压等故障时能自动切断电路。直流隔离开关与直流快速断路器配合，按系统运行方式的需要进行倒闸操作，以改变系统运行接线方式。
* 一次连接设备：母排、触头。母排是电路中总制开关与各分路电路中开关的连接铜排或者铝排，表面有做绝缘处理，主要作用是做导线用。
* 避雷器；用于保护开关柜的绝缘，免受雷电过电压和操作过电压损害。
* 控制保护单元。控制保护单元为直流开关柜核心处理单元，负责程序的处理。

以上这些这些元件的缺失或故障均会直接影响到直流开关柜的正常使用。

同一项目中为保持零部件/材料的一致性，一般同一零部件/材料的制造商及规格型号要求统一，不同项目可以根据要求更换其中的部分元件，但不论何种元件的变更，不能引起开关柜整体性能的下降。控制保护单元除制造商及规格型号的限制外，其控制项目还需要考虑软件版本的变更。

关键部件/材料控制项目变更后，为确保组装后的开关柜整体功能、性能，需要对变更后组装的开关柜进行常规检测。

## 9.5 排流柜

所以根据排流柜产品本身安全、质量性能，确定如下关键零部件如下表：

**表9-2 排流柜关键部件、控制项目、变更后检测项目选择说明**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **零部件和材料名称** | **控制项目** | **变更后需要**  **检测的项目** | **说明** |
| 箱体 | 制造商、规格型号 | 防护等级 | 本产品通常在室内使用，对箱体的材质、防护等级等要求相较于单导系统要低，所以根据其对整个产品的防护功能，列为关键零部件。目前大多排流柜生产企业的箱体采用外购，所以对该零部件的主要控制项目为制造商，箱体规格型号的不同材质、尺寸等也不同，箱体的规格型号也为该零部件的控制项目。 |
| 绝缘栅双极型晶体管（IGBT） | 制造商、规格型号 | 常规检测 | 目前大多排流柜生产企业的IGBT为外购，所以对该零部件的主要控制项目为制造商和规格型号。 |
| 二极管 | 制造商、规格型号 | 常规检测、温升 | 排流柜由多个二极管支路构成，所以二极管为排流柜产品功能实现的重要零部件。目前大多排流柜生产企业的二极管为外购，所以对该零部件的主要控制项目为制造商和规格型号。 |
| 控制单元 | 制造商、规格型号、软件版本号 | 电磁兼容试验  常规检测 | 控制单元是数据采集控制及远程通信系统总称，目前排流柜控制单元分为硬件设备和软件两部分，其中硬件部为外购，所以对控制单元硬件控制项目为制造商、规格型号；对于控制单元的软件部分，大多企业采用自主研发方式，所以软件版本为关键件的控制项目。 |
| 熔断器 | 制造商、规格型号 | 常规检测 | 熔断器是保护二极管的关键器件，大多排流柜生产企业熔断器为外购，则控制项目为制造商和熔断器的规格型号。 |
| 支路开关 | 制造商、规格型号 | 常规检测 | 排流柜设置有支路开关，通过开关控制回流，大多排流柜生产企业支路开关为外购，则控制项目为制造商和开关的规格型号。 |

## 9.6 单向导通装置

根据单向导通装置产品本身安全、质量性能，确定如下关键零部件及控制项目如下表：

**表9-3 单导关键部件、控制项目、变更后检测项目选择说明**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **零部件和材料名称** | **控制项目** | **变更后需要**  **检测的项目** | **说明** |
| 箱体 | 制造商、规格型号 | IP防护等级  环境适应性试验 | 本产品通常在室外使用，所以箱体的材质、喷漆和涂装、防腐防锈、防护等级等有较高要求，目前大多单向导通装置生产企业的箱体采用外购，所以对该零部件的主要控制项目为制造商，箱体规格型号的不同材质、尺寸等也不同，箱体的规格型号也为该零部件的控制项目。 |
| 晶闸管 | 制造商、规格型号 | 常规检测、均流试验 | 晶闸管的主要功能为消弧，是带消弧单向导通装置的必备零部件。目前大多单向导通装置生产企业的晶闸管为外购，所以对该零部件的主要控制项目为制造商和规格型号。 |
| 二极管 | 制造商、规格型号 | 常规检测、均流试验、温升试验、短时电流耐受试验 | 单向导通装置运用二极管的单向导通特性原理，所以二极管为单向导通装置产品功能实现的重要零部件。目前大多单向导通装置生产企业的晶闸管为外购，所以对该零部件的主要控制项目为制造商和规格型号。 |
| 控制单元 | 制造商、规格型号、软件版本号 | 电磁兼容试验  常规检测 | 控制单元是数据采集控制及远程通信系统总称，目前单向导通装置控制器分为硬件设备和软件两部分，其中硬件部分有两种供应方式，分别是单导装置生产厂自主研发生产和外购（PLC），所以对控制单元硬件控制项目为制造商、规格型号；对于控制单元的软件部分，大多企业采用自主研发方式，所以软件版本为关键件的控制项目。 |
| 熔断器 | 制造商、规格型号 | 常规检测 | 熔断器是保护二极管的关键器件，大多单向导通装置生产企业熔断器为外购，则控制项目为制造商和熔断器的规格型号。 |
| 隔离开关 | 制造商、规格型号 | 常规检测 | 单导内配备有隔离开关，通过隔离开关关合提供回流路径，大多单向导通装置生产企业隔离开关为外购，则控制项目为制造商和隔离开关的规格型号。 |

## 9.7 交流35kV开关柜

构成交流35kV开关柜并能直接影响其产品性能、功能的关键零部件或材料主要分为以下几大类：

* 断路器：用于切断和接通负荷电路，以及切断故障电路，断路器故障后影响开关柜的绝缘性能、关合和开断能力、密封性能、机械操作性能、回路电阻、温升、短时耐受电流和峰值耐受电流性能、内部电弧（适用于IAC类开关设备和控制设备），建议纳入关键零部件控制。
* 三工位开关：三工位开关设备故障影响机柜的绝缘性能、关合和开断能力（适用时）、密封性能、机械操作性能、回路电阻、温升、短时耐受电流和峰值耐受电流性能、内部电弧（适用于IAC类开关设备和控制设备），建议纳入关键零部件控制。
* 电流互感器：电流互感器设备故障影响机柜的绝缘性能、局部放电性能、温升、短时耐受电流和峰值耐受电流性能，建议纳入关键零部件控制。
* 主母线：将各功能部件连接在一起，起着汇集、分配和输送电能的作用。主母线故障影响机柜的绝缘性能、局部放电性能、温升、短时耐受电流和峰值耐受电流性能，建议纳入关键零部件控制。

以上这些这些元件的缺失或故障均会直接影响到交流35kV开关柜的正常使用。

同一项目中为保持零部件/材料的一致性，一般同一零部件/材料的制造商、规格型号要求统一。

## 9.8 直流电缆

构成直流电缆并能直接影响其产品性能、功能的关键零部件或材料主要分为以下几种：

* 导体（铜）：影响产品基本性能；
* 绝缘材料：影响产品绝缘等性能；
* 内护套：影响产品阻燃等性能；
* 外护套：影响产品机械、燃烧、吸水性等性能。

变更后需要检测的项目如下：

导体材料变更：常规检测

绝缘材料变更，检测与绝缘材料相关的项目；

内护套变更,检测与成品特性相关的项目；

外护套材料变更，检测与护套材料相关的项目。

# 必备生产设备、工艺装备、计量器具和检测手段的确定过程及相关分析

## 10.1 110kV主变压器

对于产品设计，需要生产厂具备产品设计研发能力，除人员要求外，同时需要具备产品设计开发平台，平台应满足机械设计、电气设计、短路力、温度场、电场和磁场验证要求。由于各厂家实际情况不同，具体参数难以量化，建议通过现场检查员对该平台进行定性评价。

根据调研，目前部分制造商的铁心为外购件，故必备生产设备中关于铁心的生产工艺涉及的铁心纵剪、横剪机、铁心叠装台、铁心卷绕机、铁心拼合台、铁心退火炉等设备不建议纳入必备生产设备。

对于烘燥、干燥工艺，须生产厂具备干燥罐；

对于线圈绕线工艺，须生产厂具备线圈绕线机、卷铁心线圈绕线机；

对于装配工艺，须生产厂具备变压器装配架；

对于注油工艺，须生产厂具备真空泵；

对于滤油工艺，须生产厂具备滤油机；

对于生产过程检验、出厂成品检验等检验过程，须生产厂至少具备绝缘电阻测试仪、介质损耗测试仪、变比测试仪、直流电阻测试仪、功率分析仪、工频耐压试验装置、局部放电测试仪、调压器、中间变压器、电压互感器、电流互感器、冲击电压测量系统、补偿电容装置、倍频发电机组、发电机组、气相色谱仪、油介电强度测试仪、微水测试仪、绝缘油介损及电阻率测试仪、有载分接开关测试仪、多路温度测试系统、绕组变形分析仪、绝缘油耐压测试仪、声级计、热像仪、电流表。对于各设备的能力或技术参数，目前不同厂家很难统一，建议描述为“满足相关工艺/检测要求”，由认证机构结合实际要求进行把控。

## 10.2 牵引整流变压器

对于产品设计，需要生产厂具备产品设计研发能力，除人员要求外，同时需要具备产品设计开发平台，平台应满足机械设计、电气设计、短路力、温度场、电场和磁场验证要求。由于各厂家实际情况不同，具体参数难以量化，建议通过现场检查员对该平台进行定性评价。

根据调研，目前部分制造商的铁心为外购件，故必备生产设备中关于铁心的生产工艺涉及的纵剪线、横剪线、铁心叠装台、铁心卷绕机、铁心退火炉等设备不建议纳入必备生产设备。

对于固化工艺，须生产厂具备固化炉；

对于线圈绕线、绕制工艺，须生产厂具备（线绕）绕线机、（箔绕）绕线机；

对于浇注工艺（浇注式适用），须生产厂具备真空浇注设备；

对于浸漆工艺（敞开式适用），须生产厂具备真空浸漆设备；

对于生产过程检验、出厂成品检验等检验过程，须生产厂至少具备绝缘电阻测试仪、变比测试仪、直流电阻测试仪、工频耐压试验装置、发电机组、中间变压器、电压互感器、电流互感器、功率分析仪、局部放电测试仪。对于各设备的能力或技术参数，目前不同厂家很难统一，建议描述为“满足相关工艺/检测要求”，由认证机构结合实际要求进行把控。

## 10.3 牵引整流器

整流器的生产制造过程，根据工艺流程可以分为：设计-采购-柜体制造与组装-元器件安装-配线-并柜-上电调试-检验及成品包装等步骤。为了保证产品的质量，每一个环节除了依托标准严格的控制程序及专业经验丰富的人员之外，还需配置专业的工器具。必备设备、器具及选择说明，如下表所示：

**表10-1 牵引整流器必备生产设备、工艺装备、计量器具选择说明**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **工艺类别** | **设备名称** | **数量** | **说明** | **备注** |
| 生产 | 产品设计开发平台 | 1 | 负责产品的设计研发工作，内容包括箱体结构设计、电磁兼容要求、电路控制原理设计等。 |  |
| 力矩紧固工具 | 1 | 主要负责器件紧固安装、接线端子的安装、电连接、绝缘件连接、接触件和绝缘件连接等过程。属于关键工序。 |  |
| 光纤检查设备 | 1 | 属于客户特殊需求，产品选装荧光光纤测温装置用于监测线缆接头温度，涉及到光纤类产品所以需要光纤检查设备。 | 适用时 |
| 线束制作工具 | 1 | 本工序涉及到线束的焊接，属于关键工序，所以应配备相应设备。 |  |
| 试验 | 整流器强电试验装置 | 1 | 包括变压器和调压器，目的是满足整流器强电试验需求。 |  |
| 组合试验装置 | 1 | 满足设备出厂项目检查的需求，包括额定电流试验、过电流试验、均流试验等。 |  |
| 电压电流测量设备 | 1 | 测量电路电压电流。 |  |
| 绝缘耐压设备 | 1 | 绝缘、耐压检测项目必要设备 |  |
| 红外测温仪 | 1 | 测量相关部件是否超温。 |  |
| 万用表 | 1 | 辅助装置检查、控制设备性能检查、保护装置检查等出厂检测项目必备 |  |
| 信号发生器 | 1 | 输入控制信号，做保护测试用的，部分厂家可能不采用，只要有相应手段保证相应的功能测试即可。 | 适用时 |
| 直流电源 | 1 | 设备的工作电源 |  |
| 注：上表所列必备设备、工艺装备和检测手段的数量及规格型号应满足生产需要和产品标准要求，表中设备数量为最少要求。可与上述设备名称不同，但应满足上述设备的功能性能要求。 | | | | |

## 10.4 直流开关柜

直流开关柜的生产制造过程，根据工艺流程可以分为：设计—采购—柜体制造与组装—元器件安装—配线—并柜—上电调试—检验及成品包装等步骤。为了保证产品的质量，每一个环节除了依托标准严格的控制程序及专业经验丰富的人员之外，还需配置有相应的软件平台或专业的工器具。

* 产品设计阶段要保证产品的高品质与一致性，需要用到专业的产品设计开发平台；
* 柜体制造与元件安装需要专业的钣金加工设备与力矩紧固工具。考虑到钣金加工过程可能外包，不考虑将钣金加工设备纳入必备生产设备；
* 接线过程需要专业的线束制作、放线及压接工具；
* 设备上电调试及检验所需的专业设备则更为广泛，包括绝缘耐压设备用以检测绝缘耐压能力；直流电阻测试仪用以测量开关的回路电阻；继电器保护仪及信号发生器用以验证保护装置的各种保护功能及直流开关试验装置用以验证开关的工作特性。

## 10.5 排流柜

目前大部分排流柜制造商从箱体到元器件均采用外购后组装的方式进行生产，主要的生产过程为设计开发、组装、布线、出厂试验。

**表10-2 排流柜必备生产设备、工艺装备、检测手段说明表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **主要工艺** | **设备名称** | **数量** | **说明** |
| 产品设计研发 | 产品设计开发平台 | 1 | 负责排流柜产品的机械设计、电气设计及功能实现设计。 |
| 组装 | 力矩紧固工具 | 1 | 主要负责器件紧固安装、接线端子的安装、电连接、绝缘件连接、接触件和绝缘件连接等过程。属于关键工序。 |
| 光纤检查设备 | 1 | 适用时，属于客户特殊需求，如客户信息传输距离过长，则需要考虑光纤信号的转换问题，则需要设置光纤检查过程。 |
| 导热硅脂涂覆 | IGBT导热硅脂涂覆 | 1 | IGBT导热硅脂涂覆属于排流柜生产工艺中的特殊工序，各生产厂使用工艺不同。 |
| 布线 | 线束制作工具 | 1 | 本工序涉及到线束的焊接，属于关键工序，所以应配备相应设备。 |
| 出厂试验 | 测量设备 | 1 | 出厂常规检测尺寸检测必备检测设备，包括卷尺、游标卡尺、直尺 |
| 绝缘电阻测试仪 | 1 | 出厂常规检测绝缘试验必备检测设备 |
| 工频耐压机 | 1 | 出厂常规检测绝缘试验必备检测设备 |
| 数字万用表 | 1 | 出厂常规检测功能试验必备检测设备 |
| 钳形电流表 | 1 | 出厂常规检测功能试验、均流试验必备检测设备 |
| 综合试验台 | 1 | 出厂常规检测额定电流试验、均流试验、过电流能力试验必备检测设备 |
| 示波器 | 1 | 监测IGBT导通状态、驱动脉冲、输出工作模式的正确性。 |

## 10.6 单向导通装置

目前大部分单向导通装置制造商从箱体到元器件均采用外购后组装的方式进行生产，主要的生产过程为设计开发、组装、布线、出厂试验。

**表10-3 单导必备生产设备、工艺装备、检测手段说明表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **主要工艺** | **设备名称** | **数量** | **说明** |
| 产品设计研发 | 产品设计开发平台 | 1 | 负责单导产品的设计研发工作，内容包括箱体结构设计、电磁兼容要求、电路控制原理设计等。 |
| 组装 | 力矩紧固工具 | 1 | 主要负责器件紧固安装、接线端子的安装、电连接、绝缘件连接、接触件和绝缘件连接等过程。属于关键工序。 |
| 光纤检查设备 | 1 | 适用时，属于客户特殊需求，如客户信息传输距离过长，则需要考虑光纤信号的转换问题，则需要设置光纤检查过程。 |
| 布线 | 线束制作工具 | 1 | 本工序涉及到线束的焊接，属于关键工序，所以应配备相应设备。 |
| 出厂试验 | 尺寸测量设备 | 1 | 出厂常规检测尺寸检测必备检测设备，包括卷尺、游标卡尺、直尺 |
| 绝缘电阻测试仪 | 1 | 出厂常规检测绝缘试验必备检测设备 |
| 工频耐压机 | 1 | 出厂常规检测绝缘试验必备检测设备 |
| 数字万用表 | 1 | 出厂常规检测功能试验必备检测设备 |
| 钳形电流表 | 1 | 出厂常规检测功能试验、均流试验必备检测设备 |
| 综合试验台 | 1 | 出厂常规检测功能试验、均流试验必备检测设备 |

## 10.7 交流35kV开关柜

交流35kV开关柜产品工艺流程：开关柜壳体装配—>联锁装配—>CT装配—>母线装配—>避雷器—>柜内接线—>总体装配。为了保证产品的质量，每一个环节除了依托标准严格的控制程序及专业经验丰富的人员之外，还需配置专业的工器具。

* 产品设计阶段要保证产品的高品质与一致性，需要用到专业的产品设计开发平台；
* 柜体与元件安装需要力矩紧固工具；
* 断路器、三工位开关等开关元件安装在充有绝缘气体的密封气箱内,开关元件的相间和相对地绝缘可靠,开关元件操动机构安装在密封气室外，便于操作和维护，为了确保气箱充放气体的过程不产生泄露，进而影响设备绝缘性能，需要具备生产设备气体充放回收装置；
* 用于气箱焊接的焊接装置；
* 开关设备主接地母线应符合GB/T 3906-2020中5.3的规定，接地母线与柜体良好接触，并供直接接地的元器件使用，涉及生产设备母线冲压机、母线折弯机。

试验设备为开关柜进行常规检测所必备的检测设备：

* 绝缘试验：涉及检测设备“耐电压测试设备”、“局部放电检测设备”；
* 回路电阻测量：涉及检测设备“回路电阻的测量仪”；
* 机械操作试验：涉及检测设备“开关机械特性测试仪”；
* 充气隔室的压力耐受试验和气体状态测量，密封试验：涉及检测设备“检漏仪”，“气体组分分析仪”。

另外，断路器、三工位开关都安装在气箱内部，气箱密封前内部元件的安装对于环境要求较高，主要影响整体绝缘性能（气箱里边充有绝缘气体），为确保气箱及组装后整体开关柜的功能、性能，生产厂还需配置“洁净车间”以满足生产环境的要求。

## 10.8 直流电缆

通过编制期间调研，目前电缆生产设备中对产品过程质量有重要影响的设备包括：拉丝机组、绞线机组、绝缘挤出机组、护套挤出机组、装铠机组等工艺设备；对于检测/计量设备，主要规定了出厂检测项目中所需的重要设备，包括：导体电阻试验装置、耐压试验装置、热延伸试验装置、厚度/直径测量工具、电缆切片机、线缆冲模削片机、测厚仪、拉力机。

# 检测项目的确定过程及相关分析

## 11.1 110kV主变压器

根据GB 1094.1中“11 试验”的要求，液浸式变压器试验主要包括15项例行试验，5项型式试验，15项特殊试验；

GB/T 6451中“7 110kV电压等级”变压器规定，“除应进行GB 1094.1中所规定的试验项目外，还应进行7.3.2~7.3.9所规定的试验”。该标准除 GB1094.1规定的试验项目外，还包括例行试验5项：“所有绕组线端和分接档位的直流电阻值测量、变压器绝缘电阻和吸收比（R60/R15）测量、变压器介质损耗因素测量、铁心对地和夹件的绝缘电阻测量、有载分接开关试验合格后的分接开关油室密封试验”，型式试验2项：“温升或过电流试验后的气相色谱分析试验、负压测试”，特殊试验1项：独立调压绕组分接档位的负载损耗值测量。

综上两个标准要求，合计例行试验20项，型式试验7项，特殊试验16项。

根据编制期间实验室及厂家的调研情况，110kV主变压器产品定型时通常是按照标准中的型式试验+例行试验的合集进行测试；特殊试验为破坏性试验，具有试验周期长、试验成本高等特点，通常一类产品中只做一次，同时特殊试验在业主采购过程中一般并未要求做，仅在纳入供应商目录时可能筛选部分项目按照特定环境要求进行测试。

综上描述，建议认证型式试验项目为产品标准中“型式试验+例行试验”的合集，共计25项；

常规检测为产品标准中的例行试验项目，共计20项；

特殊试验可采信已有代表性型号的特殊试验报告，在申请文件中作相关要求：“8）110kV主变压器、牵引整流变压器初次认证时需认证委托人提交代表型号产品的特殊试验报告（报告中应至少包含对应产品标准所要求的特殊试验项点），认证抽样检测不再进行该项试验，复评时不再提交。”

## 11.2 牵引整流变压器

GB/T 10693及CJ/T 370均明确产品的试验（型式、例行）应符合GB 6450、GB/T 10228、GB/T 18494.1和JB/T 501的规定。

结合以上标准要求，检测项目主要包括型式试验11项，常规检测8项，特殊试验5项。

特殊试验多为破坏性试验，具有试验周期长、试验成本高等特点，通常一类产品中只做一次，同时特殊试验在业主采购过程中一般并未要求做，仅在纳入供应商目录时可能筛选部分项目按照特定环境要求进行测试。

综上，建议特殊试验可采信已有代表性型号的特殊试验报告，在申请文件中作相关要求：“8）牵引整流变压器、牵引整流变压器初次认证时需认证委托人提交代表型号产品的特殊试验报告（报告中应至少包含对应产品标准所要求的特殊试验项点），认证抽样检测不再进行该项试验，复评时不再提交。”

## 11.3 牵引整流器

整流器型式检测项目及常规检测项目确定说明如下表所示：

**表11-1 牵引整流器检测项目及说明**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **检测项目** | | | **检测**  **类别** | **型式**  **检测** | **常规**  **检测** | **备 注** |
|  | 外观检验 | 外观检查 | | B | √ | √ | GB/T 3859.1第7.1.3条要求以及第8章，不影响功能，归为B类 |
|  | 尺寸检查 | | B | √ |  |
|  | 标志检查 | | B | √ | √ |
|  | IP防护等级试验 | | | A | √ |  | CJ/T 370-2011中6.1.4防护等级要求，归为A类。 |
|  | 绝缘试验 | | | A | √ | √ | 章节7.2，验证绝缘系统，归A类 |
|  | 功能试验 | 轻载和功能试验 | | A | √ | √ | 章节7.3.1，必要的功能性验证，归A类 |
|  | 额定电流试验 | | A | √ | √ | 章节7.3.2，验证产品运行稳定，归A类 |
|  | 过电流能力试验 | | A | √ | √ | 章节7.3.3，必要的功能性验证，归A类 |
|  | 固有电压调整值测量 | | A | √ |  | 章节7.3.4，必要的参数确认，归A类 |
|  | 纹波电压和电流测量 | | A | √ |  | 章节7.3.5，必要的参数确认，归A类 |
|  | 谐波电流测量 | | A | √ |  | 章节7.3.6，必要的参数确认，归A类 |
|  | 辅助装置和控制设备性能检查 | 辅助装置检验 | | A | √ | √ | 章节7.5.1，验证辅助装置功能，归A类 |
|  | 控制设备性能检查 | | A | √ | √ | 章节7.5.2，验证控制特性，归A类 |
|  | 保护装置检查 | | A | √ | √ | 章节7.5.3，验证产品自保性能，归A类 |
|  | 温升试验 | | | A | √ |  | 章节7.4.2，产品性能验证，归A类 |
|  | 组件和设备功率损耗的确定 | | | A | √ |  | 章节7.4.1，产品必要的参数确认，归A类 |
|  | 功率因数测量 | | | A | √ |  | 章节7.4.3，产品必要的参数确认，归A类 |
|  | 电流均衡度测定 | | | A | √ | √ | 章节6.6.3，验证回路电流分配状态，归A类 |
|  | 短路试验 | | | A | √ | √ | 适用时GB13422章节5.1.14，必要的功能性验证，归A类 |
|  | 电磁兼容试验 | | | A | √ |  | 章节7.6，抗干扰功能验证，归A类 |
|  | 环境适应性试验 | | 交变湿热试验 | A | √ |  | 适用时，章节7.7，环境试验，验证产品耐候性，归A类 |
|  | 盐雾试验 | A | √ |  |
|  | 低温试验 | A | √ |  |
|  | 高温试验 | A | √ |  |
| 注：   1. 初次认证时，按型式检测项目对各认证单元进行硬件抽样检测；获证产品证书有效期内，应至少进行一次监督检测，按常规检测项目对各认证单元进行监督检测；“√”表示应进行的检测项目； 2. 对于认证依据中规定试验但无判定指标的检测项目，依据产品制造技术要求判定； 3. 通常情况下，在获证后的第2次监督进行硬件抽样检测。也可与扩项、变更的硬件抽样检测结合进行。 | | | | | | | |

## 11.4 直流开关柜

具体检测项目依据产品标准《GB/T 25890.6 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第 6 部分：直流成套开关设备》第8章节的要求选取型式试验及常规试验。

**表11-2 直流开关柜检测项目及说明**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **检测项目** | **检测类别** | **型式检测** | **常规检测** | **说明** |
| 1 | 验证与制造图样和成套设备的特性相符 - 主电路电阻测量 | A | √ | √ | GB/T 25890.6第8.3.1.2章节要求开关和设备在组装后于环境温度下测量主电路的电阻，通过比较成套设备组装前后电阻的变化来确认组装工作是否正确，判定为A类项点，属于例行试验的一部分。 |
| 2 | 操作试验 | A | √ | √ | GB/T 25890.6第8.3.2章节要求操作试验用于确定开关器件及及可移件符合操作要求以及机械联锁装置工作正常，判定为A类项点。 |
| 3 | 绝缘强度试验 - 冲击电压耐受试验 | A | √ |  | GB/T 25890.6第8.3.3.2章节要求对主电路部分与其他所有已经接地的带电部分进行冲击电压耐试验，为产品的性能参数试验，判定为A类项点。 |
| 4 | 绝缘强度试验 - 工频电压耐受试验 | A | √ | √ | GB/T 25890.6第8.3.3.3章节要求对开关设备、辅助及控制电路进行工频电压耐受试验，为产品的性能参数试验，判定为A类项点。 |
| 5 | 短时电流耐受试验 | A | √ |  | GB/T 25890.6第8.3.4章节要求对有开关电器及额定短时电流的主电路、主母线、以及开关设备的接地导线、接地连接线及接地装置进行短时耐受电流试验，为产品的性能参数试验，判定为A类项点 |
| 6 | 机械性能试验 | A | √ | √ | GB/T 25890.6第8.3.5章节要求对开关电器和可移件以及联锁装置进行机械性能试验，为产品的性能试验，判定为A类项点 |
| 7 | 防护等级确认 | A | √ |  | GB/T 25890.6第8.3.6章节要求对于开关设备的防护能力，按照IEC 60529:1989中第12章节“对接近危险部件的防护要求”进行。 |
| 8 | 温升试验 | A | √ |  | 为确保开关柜各部件正常工作，开关柜温度试验需按照GB/T 25890.6第8.3.7章节要求执行。 |
| 9 | 电气性能试验 | A | √ | √ | GB/T 25890.6第8.3.8章节要求针对若干个主电路或主、辅电路的开关电器安装与同一隔室时，为了评估其相互影响二进行的试验，为产品的性能试验，判定为A类项点 |
| 10 | 电气间隙和爬电距离测量 | A | √ | √ | GB/T 25890.6第8.3.3章节要求主电路的每一处分断其电气间隙应满足6.2的要求。GB/T 25890.6第6.2章节要求试验电压及电气间隙要求见GB/T 25890.1-2010表1，建议的爬电距离见GB/T 25890.1附录D。电气间隙及爬电距离决定了电气绝缘性能，判定为A类项点。 |

## 11.5 排流柜

根据GB/T 3859.1《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》和GB/T 3859.1《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》要求选择型式试验和常规试验项点如下表8。

**表11-3 排流柜检测项目的确定及说明**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **检测项目** | | | **检测**  **类别** | **型式**  **检测** | **常规**  **检测** | **说明** |
| 1 | 外观 | 目检 | | B | √ | √ | 根据GB/T 3859.1第7.1.3条要求以及第8章要求，产品出厂时应对产品标志、铭牌进行检查，同时需关注产品的尺寸、重量的符合性。  但尺寸、标志等检查项不影响产品的功能和性能，所以判定试验项点为B类项点。 |
| 验证尺寸和公差 | | B | √ | √ |
| 标志检查 | | B | √ | √ |
| 2 | 功能试验 | | | A | √ | √ | 属于产品功能要求试验项点，根据GB/T 3859.1第7.3要求进行相关试验，包括轻载试验和功能试验、额定电流试验、过电流能力试验等。 |
| 3 | IP防护等级 | | | A | √ |  | 户外设备，对防护等级有要求，根据GB/T 3859.1第8.3.6条要求进行相关试验。 |
| 4 | 绝缘强度试验  ——冲击电压耐受试验  ——工频电压耐受试验 | | | A | √ | √ | 成套开关设备的系统要求，试验根据GB/T 25890.6第8.3.3章要求,是型式试验和出厂试验必须检测的试验项点。  针对排流柜，产品必须有足够的耐压强度方能满足要求，所以该项点判定为A类项点。 |
| 5 | 短时电流耐受试验 | | | A | √ |  | 成套开关设备的系统要求，试验根据GB/T 25890.6第8.3.4章要求，需对主电路、母线、接地回路进行试验，以验证主电路、母线，在预定安装和使用条件下的额定短时耐受电流和峰值耐受电流，验证接地导线、接地连接线和接地装置等能在规定时间内，且在系统汇流和/或接地条件下耐受额定接地电流。 |
| 6 | 温升试验 | | | A | √ |  | 根据GB/T 25890.6第8.3.7条以及GB/T 3859.1第7.4.2条均对温升试验进行了规定，温升试验是验证排流柜关键零部件二极管性能的检测项点，所以判定该项点为A类项点。 |
| 7 | 机械性能试验 | | | A | √ | √ | 根据GB/T 25890.6第8.3.5条规定，需对成套开关设备的开关电气和可移件、联锁装置等进行机械性能试验。 |
| 8 | 电气性能试验 | | | A | √ |  | 根据GB/T 25890.6第8.3.8条规定，当若干个主、辅电路的开关电器安装于同一隔室，则需进行该项型式试验。 |
| 9 | 辅助装置和控制设备性能检查 | | | A | √ | √ | 根据GB/T 3859.1第7.5条要求，需要对排流柜辅助装置和控制设备性能进行检查。排流柜辅助装置为照明和加热装置；应对控制设备的静态和动态性能均进行检查，包括设备在设计允许的供电电压变化范围的所有值下是否运行良好，该项点与控制设备功能密切相关；排流柜保护系统性能关系到保护系统是否能够正常工作的试验项点，所以该项点判定为A类项点。 |
| 10 | 电磁兼容试验 | | | A | √ |  | 产品中的电子设备主要是辅助装置即智能控制器，应充分考虑屏蔽和接地等防电磁干扰措施，使产品智能控制器电磁兼容符合GB/T 3859.1标准第7.6条要求。 |
| 11 | 环境适应性试验 | | 交变湿热试验 | A | √ |  | 根据GB/T 25890.1第4.1节环境条件要求，适用时需要对使用环境进行适应性试验。 |
| 低温试验 | A | √ |  |
| 高温试验 | A | √ |  |
| 振动试验 | A | √ |  |
| 盐雾试验 | A | √ |  |

## 11.6 单向导通装置

根据GB/T 25890.6-2010《轨道交通 地面装置 直流开关设备 第6部分：直流成套开关设备》和GB/T 3859.1《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》要求选择型式试验和常规试验项点如下表8。

**表11-4 单导检测项目的确定及说明**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **检测项目** | | | **检测类别** | **型式检测** | **常规检测** | **说明** |
| 1 | 外观 | 目检 | | B | √ | √ | 根据GB/T 3859.1第7.1.3条要求以及第8章要求，产品出厂时应对产品标志、铭牌进行检查，同时需关注产品的尺寸、重量的符合性。  但尺寸、标志等检查项不影响产品的功能和性能，所以判定试验项点为B类项点。 |
| 验证尺寸和公差 | | B | √ | √ |
| 标志检查 | | B | √ | √ |
| 2 | 功能试验 | | | A | √ | √ | 属于产品功能要求试验项点，根据GB/T 3859.1第7.3要求进行相关试验，包括轻载试验和功能试验、额定电流试验、过电流能力试验等。 |
| 3 | IP防护等级 | | | A | √ |  | 户外设备，对防护等级有要求，根据GB/T 3859.1第8.3.6条要求进行相关试验。 |
| 4 | 绝缘强度试验  ——冲击电压耐受试验  ——工频电压耐受试验 | | | A | √ | √ | 成套开关设备的系统要求，试验根据GB/T 25890.6第8.3.3章要求,是型式试验和出厂试验必须检测的试验项点。  针对单向导通装置，产品必须有足够的耐压强度方能满足要求，所以该项点判定为A类项点。 |
| 5 | 短时电流耐受试验 | | | A | √ |  | 成套开关设备的系统要求，试验根据GB/T 25890.6第8.3.4章要求，需对主电路、母线、接地回路进行试验，以验证主电路、母线，在预定安装和使用条件下的额定短时耐受电流和峰值耐受电流，验证接地导线、接地连接线和接地装置等能在规定时间内，且在系统汇流和/或接地条件下耐受额定接地电流。 |
| 6 | 温升试验 | | | A | √ |  | 根据GB/T 25890.6第8.3.7条以及GB/T 3859.1第7.4.2条均对温升试验进行了规定，温升试验是验证单导关键零部件二极管性能的检测项点，所以判定该项点为A类项点。 |
| 7 | 机械性能试验 | | | A | √ | √ | 根据GB/T 25890.6第8.3.5条规定，需对成套开关设备的开关电气和可移件、联锁装置等进行机械性能试验。 |
| 8 | 电气性能试验 | | | A | √ |  | 根据GB/T 25890.6第8.3.8条规定，当若干个主、辅电路的开关电器安装于同一隔室，则需进行该项型式试验。 |
| 9 | 辅助装置和控制设备性能检查 | | | A | √ | √ | 根据GB/T 3859.1第7.5条要求，需要对单向导通装置辅助装置和控制设备性能进行检查。单向导通装置辅助装置为照明和加热装置；应对控制设备的静态和动态性能均进行检查，包括设备在设计允许的供电电压变化范围的所有值下是否运行良好，该项点与控制设备功能密切相关；单向导通装置保护系统性能关系到保护系统是否能够正常工作的试验项点，所以该项点判定为A类项点。 |
| 10 | 电磁兼容试验 | | | A | √ |  | 产品中的电子设备主要是辅助装置即智能控制器，应充分考虑屏蔽和接地等防电磁干扰措施，使产品智能控制器电磁兼容符合GB/T 3859.1标准第7.6条要求。 |
| 11 | 均流试验 | | | A | √ |  | 根据GB/T 3859.1第7.3.2条要求，如果变流臂中使用并联的半导体器件，应检查电流的均衡分配情况。单导装置中并联有多个二极管回路，根据标准要求需进行均流试验。 |
| 12 | 环境适应性试验 | | 交变湿热试验 | A | √ |  | 根据GB/T 25890.1第4.1节环境条件要求，适用时需要对使用环境进行适应性试验。 |
| 低温试验 | A | √ |  |
| 高温试验 | A | √ |  |
| 振动试验 | A | √ |  |
| 盐雾试验 | A | √ |  |

## 11.7 交流35kV开关柜

为保证35kV交流开关柜产品对相应标准的符合性及产品质量的可靠性与一致性，需要通过相应的型式检测与常规检测。具体的检测项目依据产品标准《GB/T 3906-2020 3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备》第7章节的要求选取型式试验，依据第8章节的要求选取常规检测。

**表11-5 35kV开关柜检测项点选择说明**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **检测项目** | | **检测**  **类别** | **型式**  **检测** | **常规**  **检测** | **说明** |
| 1 | 绝缘试验 | 工频电压试验 | A | √ | √ | GB/T 3906第7.2章节给出了绝缘试验的要求及判定依据。包含了工频电压试验及雷电冲击电压试验两部分，绝缘性能直接影响整个柜体的功能性能，判定为A类项点。 |
| 2 | 雷电冲击电压试验 | A | √ |  |
| 3 | 电缆试验回路的试验 | A | √ |  | GB/T 3906第7.2.101章节给出了电缆试验回路的试验的要求及判定依据。电缆连接及母线的绝缘测试影响整机绝缘性能，判定为A类项点。 |
| 4 | 局部放电试验 | A | √ | √ | GB/T 3906第7.2.10章节给出了局部放电试验的要求及判定依据。在长时间运行电压下，局部放电所引起的绝缘损坏继续发展，最终导致绝缘事故发生，所以测量设备局部放电是绝缘监督重要手段之一。故判定该项点为A类项点。 |
| 5 | 回路电阻测量 | | A | √ | √ | GB/T 3906第7.4章节给出了回路电阻测量的要求及判定依据。回路电阻值是表征导电回路的联接是否良好的一个参数，故判定为A类项点。 |
| 6 | 温升试验 | | A | √ |  | GB/T 3906第7.5章节针对温升试验给出试验要求及判定依据，开关柜设备在工作时由于发热可能会引起各部件、材料和绝缘介质的温度升高，温度过高可能会使各部件、材料和绝缘介质物理和化学性能发生变化，从而引起机械性能和电气性能的下降，也可能会导致故障。故判定为A类项点。 |
| 7 | 短时耐受电流和峰值耐受电流的测量 | | A | √ |  | GB/T 3906第7.6章节针对短时耐受电流和峰值耐受电流给出试验要求及判定依据。  短时耐受电流是指规定时间内主回路能够承载的电流有效值，主要反映开关柜承载短路电流热效应的能力。峰值耐受电流是指在规定的使用和性能条件下，开关柜能够承载的短时耐受电流第一个大半波的电流峰值。综上，该项点判定为A类项点。 |
| 8 | 关合和开断能力验证 | | A | √ |  | GB/T 3906第7.101章节给出了关合和开断能力验证的要求及判定依据。构成主回路的开关装置以及开关柜的接地开关、断路器关合及开断能力影响系统性能，判定为A类项点。 |
| 9 | 机械操作试验 | | A | √ | √ | GB/T 3906第7.102章节给出了机械操作试验的要求及判定依据。开关装置、可移件及联锁设备的机械操作试验影响整体系性能，判定为A类项点。 |
| 10 | 防护等级验证-IP代码的验证 | | A | √ |  | GB/T 3906第7.7.1章节给出了IP代码的验证的要求及判定依据。整机外壳的防尘、防水性能影响柜内设备的性能，判定为A类项点。 |
| 11 | 辅助和控制回路的附加测试 | | A | √ |  | GB/T 3906第7.10章节给出了辅助和控制回路的附加测试的要求及判定依据。辅助和控制回路的接地、绝缘、环境试验等影响系统的性能，判定为A类项点。 |
| 12 | 防止危险电气效应的人员防护验证 | | A | √ |  | GB/T 3906第7.104章节给出了防止危险电气效应的人员防护验证的要求及判定依据。金属开关设备和控制设备带有绝缘隔板、活门时，需要验证高压带电部件与绝缘隔板、活门之间的绝缘性能，以确保人员防护措施得到有效验证，判定为A类项点。 |
| 13 | 充气隔室的压力耐受试验和气体状态测量 | | A | √ | √ | GB/T 3906第7.103章节给出了充气隔室的压力耐受试验和气体状态测量的要求及判定依据。充气隔室用于实现气体绝缘介质的充放，其性能直接影开关柜整体绝缘性能，判定为A类项点。 |
| 14 | 密封试验 | | A | √ | √ | GB/T 3906第7.8章节给出了密封试验的要求及判定依据。金属绝缘开关柜通过充入绝缘气体作为绝缘介质，因此气室的密封性能很大程度上影响开关柜的整体绝缘性能，故而判定为A类项点。 |
| 15 | 内部电弧试验（适用时） | | A | √ |  | GB/T 3906第7.106章节给出了内部电弧试验的要求及判定依据。对于IAC类开关设备和控制设备，内部电弧试验用于验证在发生内部电弧故障时,金属封闭开关设备和控制设备在对人员防护特性方面的有效性，故判定为A类项点。 |
| 16 | 电磁兼容性试验（EMC） | | A | √ |  | GB/T 3906第7.9章节给出了电磁兼容性试验的要求及判定依据。设备在正常运行过程中对所在环境产生的电磁干扰不超过一定的限值，同时，设备对所在环境中存在的电磁干扰具有一定程度的抗扰度，以确保整体机柜的运行性能，判定为A类项点。 |
| 17 | 主回路中的元件采用固体绝缘包覆元件的金属开关设备的性能验证试验 | | A | √ |  | GB/T 3906第7.107章节给出了主回路中的元件采用固体绝缘包覆元件的金属开关设备的性能验证试验的要求及判定依据。属于金属开关设备的性能验证，判定为A类项点。 |
| 18 | 气候防护试验 | | A | √ |  | GB/T 3906第7.107章节针对气候防护试验提出了要求。涉及淋雨试验，影响整柜的性能，判定为A类项点。 |
| 19 | 设计检查和外观检查 | | A |  | √ | GB/T 3906第8.6章节要求开关设备及控制设备应经过检查，以证明产品符合买方的技术条件。设计检查需确认产品满足相关技术要求，判定为A类项点。 |

## 11.8 直流电缆

根据GB/T 28429 中 “9 检测规则”的规定，试验项目分为例行试验、抽样试验、型式试验三大类；通过与专业电缆检测单位的沟通，建议认证型式检测项目采用以上3种类型试验的合集，认证常规检测项目采用例行试验、抽样试验的合集。

产品标准附录G 有关于电缆标志的相关规定，“成品电缆标志应符合 GB/T 6995.3-2008规定”，结合检测单位意见、行业惯例，建议将”成品电缆标志检查“纳入认证型式试验检测和常规检测项目中。

对于不同规格型号的电缆的适用检测项目，已在备注中标注“适用时”。

对于部分厚度、外观、外径、标志等检测项目，建议识别为B类检测项点，Ac合格判定数为1，Re不合格判定数为2。

# 已开展 CCC 或其他国推认证的情况

目前变压器已有部分认证机构（PCCC、西高院、CQC）开展了自愿性产品认证，范围通常涵盖整个变压器范畴，暂未结合轨交领域特点提出针对性要求；

系统下8类产品暂未开展CCC和其他国推认证。

# 相关制造企业依据该规则通过认证的概率；

目前，国内主流大型制造商/供应商等依据该规则均有较大概率通过认证。部分规模较小且缺乏业绩的制造商通过认证会有一定的难度。特别是必备设备中如产品设计开发平台、洁净车间等大型设备，会筛选掉一部分规模较小的企业。