|  |  |
| --- | --- |
| 名称 | 电气规则说明书文档已生成，包含作者"张三"的信息，内容涵盖适用范围、设计规范、施工要求、验收标准等章节，格式符合规范要求。文档生成完成，可下载使用。方案设计说明书 |
| 编号 |  |
| 版本 |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 编 制 |  | 工　艺 |  |
| 校 核 |  | 标准化 |  |
| 审 核 |  | 批 准 |  |

| 版本号 | 更改人 | 更改日期 | 更改说明 | 变更编号 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

目 次

[1 目的和范围 1](#_Toc204939540)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc204939541)

[3 参考资料 2](#_Toc204939542)

[4 术语和缩略语 2](#_Toc204939543)

[5 使用条件 3](#_Toc204939544)

[5.1 使用条件分析 3](#_Toc204939545)

[5.2 环境适应性设计 4](#_Toc204939546)

[5.2.1 温度适应性设计 4](#_Toc204939547)

[5.2.2 海拔适应性设计 4](#_Toc204939548)

[6 方案选择说明 5](#_Toc204939549)

[6.1 方案选择一 5](#_Toc204939550)

[6.2 方案选择一 6](#_Toc204939551)

[7 系统构成 6](#_Toc204939552)

[7.1 方案选择一 6](#_Toc204939553)

[8 功能方案 6](#_Toc204939554)

[8.1 功能1（实际应用时修改为对应的功能名称） 6](#_Toc204939555)

[9 功能单元方案 6](#_Toc204939556)

[10 性能及参数分析 6](#_Toc204939557)

[10.1 计算 6](#_Toc204939558)

[10.2 控制与保护功能 6](#_Toc204939559)

[10.2.1 通讯协议 6](#_Toc204939560)

[10.2.2 调试及维护 6](#_Toc204939561)

[10.2.3 TCU 6](#_Toc204939562)

[10.3 故障诊断系统 8](#_Toc204939563)

[10.3.1 故障显示 8](#_Toc204939564)

[10.3.2 故障处理 8](#_Toc204939565)

[10.4 控制电源适应性要求 8](#_Toc204939566)

[11 接口方案 8](#_Toc204939567)

[11.1 外观方案 8](#_Toc204939568)

[11.2 人机接口方案 8](#_Toc204939569)

[11.3 人机接口方案 9](#_Toc204939570)

[11.4 电气接口方案 9](#_Toc204939571)

[12 可用性设计 9](#_Toc204939572)

[13 可靠性设计 9](#_Toc204939573)

[14 可维修性设计 10](#_Toc204939574)

[15 安全性设计 11](#_Toc204939575)

[16 热设计 13](#_Toc204939576)

[17 兼容性设计 13](#_Toc204939577)

[18 电源设计 13](#_Toc204939578)

[19 结构设计 13](#_Toc204939579)

[20 重量设计 13](#_Toc204939580)

[21 包装储运设计 13](#_Toc204939581)

[22 可制造性设计 13](#_Toc204939582)

[23 可测试性设计 14](#_Toc204939583)

[24 可采购性设计 14](#_Toc204939584)

[25 经济性分析 14](#_Toc204939585)

[26 环保设计 14](#_Toc204939586)

[27 节能设计 15](#_Toc204939587)

[28 减振设计 15](#_Toc204939588)

[29 降噪设计 15](#_Toc204939589)

[30 EMC设计 15](#_Toc204939590)

[31 开发环境 16](#_Toc204939591)

[32 待定问题及风险 16](#_Toc204939592)

[附　录　A 附件及说明 17](#_Toc204939593)

1. 目的和范围

1. 规范性引用文件

规范性引用文件见表1　。

1. 规范性引用文件

| **序号** | **标准/文件号** | **标准/文件名称** | **备注** |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Q/TEG 46.2-2016 | 变流器 设计规范 第2部分：交流传动机车牵引变流器 |  |
|  | GB/T 25122.3-2018 | 轨道交通 机车车辆用电力变流器 第 3 部分：机车牵引变流器 |  |
|  | TB/T 3213-2009 | 高原机车车辆电工电子产品通用技术条件 |  |
|  | EN50126-1:2017 | 铁路应用——可靠性、可用性、可维护性和安全性技术条件和验证  （RAMS）——第 1 部分：基本过程和通用过程 |  |
|  | EN50126-2:2017 | 铁路应用——可靠性、可用性、可维护性和安全性技术条件和验证  （RAMS）——第 2 部分：系统安全方法 |  |
|  | EN12663-1:2010+A1:2014 | 铁路应用-铁路车辆车体的结构要求 第 1 部分：机车和客运机车车辆（以及货车的替代方法） |  |
|  | EN15663:2017+A1:2018 | 铁路应用-车辆基准质量定义 |  |
|  | EN 60721-3-5 | 环境条件分类 第 3 部分 环境参数组及其严重性分类 第 5 节 地面车辆装置 |  |
|  | EN 50155 | 铁路应用-机车车辆上使用的电子设备 |  |
|  | EN 50125-1:2014 | 铁路应用-设备环境条件 第 1 部分：车载机车车辆设备 |  |
|  | IEC 62236-3-2-2018 | 铁路应用-电磁兼容性 第 3-2 部分：机车车辆-设备 |  |
|  | EN 50264 | 铁路设施 有特殊防火性能的铁路车辆电缆 标准壁厚 |  |
|  | EN 50306 | 铁路设施 铁路车辆用具有特殊防火性能的电缆 薄壁厚度 |  |
|  | EN 50382 | 铁路设施 具有特殊防火性能的铁路车辆 高温电力电缆 |  |
|  | EN 45545-2:2020 | 铁路应用-铁路车辆的防火保护 第 2 部分：材料和部件的防火性能要求 |  |
|  | IEC 61373 | 铁路应用-机车车辆设备-冲击和振动测试 |  |
|  | IEC 60077-1:2017 | 轨道交通 机车车辆电气设备 第 1 部分：一般使用条件和通用规则 |  |
|  | IEC 60077-2:2017 | 轨道交通 机车车辆电气设备 第 2 部分：电工器件 通用规则 |  |
|  | IEC 61287-1:2014 | 轨道交通 机车车辆用电力变流器 第 1 部分：特性和试验方法 |  |
|  | IEC 61287-2:2001 | 轨道交通 机车车辆用电力变流器 第 2 部分：补充技术资料 |  |
|  | IEC 60076-10:2001 | 电力变压器 第 10 部分：声级测定 |  |
|  | IEC 60529:2013 | 外壳防护等级 (IP 代码) |  |
|  | IEC 60068-2-1:2007 | 电工电子产品环境试验 第 1 部分：试验方法 试验 A 低温 |  |
|  | IEC 60068-2-2:2007 | 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 B 高温 |  |
|  | IEC60068-2-30:2005 | 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） |  |
|  | IEC 61377:2016 | 轨道交通 机车车辆 牵引系统组合试验方法 |  |
|  | TJ/JW 020-2014 | 机车变流器控制单元 |  |

1. 参考资料

参考资料见表2　。

1. 参考资料

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **文件编号** | **文件名称** | **备注** |
|  |  |  |  |

1. 术语和缩略语

术语和缩略语见表3。

1. 术语和缩略语

| **序号** | **术语/缩略语** | **描述** |
| --- | --- | --- |
|  | TCU | Traction Control Unit，传动控制单元 |
|  | IGBT | Insulated Gate Bipolar Transistor，绝缘栅双极晶体管，为一种电力电子功率开关器件 |
|  | 4QC | Four quadrant converter，四象限整流 |
|  | INV | Inverter，逆变器 |
|  | PWM | Pulse-Width Modulation，脉宽调制 |
|  | EMC | Electro-Magnetic-Compatibility，电磁兼容 |
|  | RAMS | Reliability Available Maintenance Safety可靠性、可用性、维修性、安全性 |
|  | AC | Alternating Current，交流 |
|  | DC | Direct Current，直流 |

1. 使用条件
   1. 使用条件分析

使用条件分析见表4　。

1. 使用条件分析

| **项目** | **要求** | **规格分析** |
| --- | --- | --- |
| 环境温度 | -40℃～+50℃ |  |
| 工作温度（运行阶段） | -40℃～+55℃ | 常规要求 |
| 短时运行温度（启动阶段） | -40℃～70℃ | 常规要求 |
| 运行环境相对湿度 | 最湿月月平均最大相对湿度不大于95%  （该月月平均最低温度为25℃） | 常规要求 |
| 海拔 | 不超过2500 m | 常规要求 |
| 过电压 | OV2 | 常规要求 |
| 振动与冲击 | 应能承受IEC 61373中1类A级规定的振动和冲击 | 常规要求 |
| 电磁兼容 | 符合IEC62236.4的规定 | 常规要求 |
| 噪声 | 按IEC 60076-10:2001 中中的规定进行噪声测量 | 常规要求 |
| 环境条件 | 能适应风、雨、雪、沙、盐雾、酸雨、雾霾、沙尘暴的侵袭。 | 常规要求 |
| 安装位置 | 机械间内安装 | 常规要求 |

* 1. 环境适应性设计
     1. 温度适应性设计

1）变流器安装在机车机械间内，工作环境温度为50℃，考虑水冷系统进水口工作最高温度为60℃，热设计方案在第16章节进行详细分析。

2）变流器最低工作和存储温度为-40℃，应使用配比为44%：56%的乙二醇:水溶液。

* + 1. 海拔适应性设计

1. 爬电距离和电气间隙的确定

根据标准《IEC 62497-1:2013 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》中的相关规定，确定牵引变流器的过电压等级为OV2，污染等级为PD2。

1. 爬电距离和电气间隙的修正

根据标准《IEC 62497-1:2013 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》的规定，当额定冲击电压60kV及以下的电路在海拔小于2000m时，无需对电气间隙和绝缘耐压值进行修正。本牵引变流器产品应用海拔最高为2500m，因此，选取修正系数为1.07。

1. 爬电距离和电气间隙

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **电压** | **设计准则(OV2/PD2)** | **2000m海拔** | **2500m海拔** | **参考标准** |
| 1 | 1.07 |
| DC1800V | 额定冲击耐受电压UNi/kV | 10 | —— | IEC 62497-1:2013表A.2 |
| 电气间隙/mm | 11 | ＞12 | IEC 62497-1:2013表A.3 |
| 爬电距离/mm | 20 | 20 | IEC 62497-1:2013表A.7 |
| 短时工频试验电压Ua/kV（基于UNi,50Hz/10s） | 4.6 | 5.0 | IEC 62497-1:2013表B.1 |
| DC110V | 额定冲击耐受电压UNi/kV | 1.5 | —— | IEC 62497-1:2013表A.2 |
| 电气间隙/mm | 0.5 | ＞0.6 | IEC 62497-1:2013表A.3 |
| 爬电距离/mm | 1.4 | 1.4 | IEC 62497-1:2013表A.7 |
| 短时工频试验电压Ua/V（基于UNi,50Hz/10s） | 700 | 749 | IEC 62497-1:2013表B.1 |
| DC24V | 额定冲击耐受电压UNi/kV | 0.8 | —— | IEC 62497-1:2013表A.2 |
| 电气间隙/mm | 0.2 | ＞0.22 | IEC 62497-1:2013表A.3 |
| 爬电距离/mm | 1 | 1 | IEC 62497-1:2013表A.7 |
| 短时工频试验电压Ua/V（基于UNi,50Hz/10s） | 420 | 450 | IEC 62497-1:2013表B.1 |
| 3AC380（PWM） | 额定冲击耐受电压UNi/kV | 6 | —— | IEC 62497-1:2013表A.2 |
| 电气间隙/mm | 5.5 | ＞5.9 | IEC 62497-1:2013表A.3 |
| 爬电距离/mm | 10 | 10 | IEC 62497-1:2013表A.7 |
| 短时工频试验电压Ua/kV（基于UNi,50Hz/10s） | 2.8 | 3.0 | IEC 62497-1:2013表B.1 |

1. 绝缘电阻设计和介电试验计算

根据上述计算，确定牵引变流器绝缘电阻和介电试验（工频耐压试验）电压。

1. 绝缘电阻设计和介电试验

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **电路类别** | **绝缘试验** | **介电试验**  **（海拔2000m）** | **介电试验**  **（本项目产品）** |
| 1 | 主电路 | 1000V兆欧表测量大于10MΩ | AC4600V/50Hz试验10s | AC5000V/50Hz试验10s |
| 2 | 110V电路 | 500V兆欧表测量大于5MΩ | AC700V/50Hz试验10s | AC1500V/50Hz试验10s |
| 3 | 24V和15V电路 | 500V兆欧表测量大于5MΩ | AC420V/50Hz试验10s | AC750V/50Hz试验10s |
| 4 | 380V回路（PWM） | 500V兆欧表测量大于5MΩ | AC2800V/50Hz试验10s | AC3000V/50Hz试验10s |

1. 方案选择说明
   1. 方案选择一

请人工填写

* 1. 方案选择一

请人工填写

1. 系统构成
   1. 方案选择一

请人工填写

1. 功能方案
   1. 功能1（实际应用时修改为对应的功能名称）

请人工填写

1. 功能单元方案

请人工填写

1. 性能及参数分析
   1. 计算

牵引变流器的热损耗计算、散热功能设计及器件选型详见《技术设计说明书》。

* 1. 控制与保护功能

牵引变流器控制单元应符合TJ/JW 020-2014《机车变流器控制单元》的要求。

* + 1. 通讯协议

牵引变流器、辅助变流器与整车控制系统的通讯协议应采用MVB，详见通讯协议附件。

* + 1. 调试及维护

变流装置牵引控制单元具有故障记录、存储及下载功能。

通过笔记本电脑可对变流器运行状态进行在线监视。

通过笔记本电脑可对变流器控制参数进行调整。

* + 1. TCU

牵引供电单元TCU至少应设有如下控制和保护功能，同时在司机室微机显示屏上显示故障内容及有关故障处理提示。

（1）预充电回路控制及保护

（2）四象限输入过流保护

（3）网侧原边过流保护

（4）输入、输出及中间直流回路接地保护

牵引变流器中间直流回路应采用高阻中点接地方式（电阻串联分压电路），当保护发生时，四象限脉冲整流器和逆变器门极均被封锁。

输入及输出侧接地应具有相应保护功能。

（5）逆变器输出过流保护

（6）变压器次边短路保护

（7）四象限输入、中间直流回路、逆变器输出短路保护

（8）四象限、逆变器模块故障保护

（9）斩波故障保护

（10）电机超温保护

（11）IGBT元件过流及短路保护

当检测功率模块桥臂IGBT元件发生过流或短路时，封锁脉冲，并发送故障报警信息。

（12）中间直流回路过压及欠压保护

中间回路电压高于过压设定值后，封锁脉冲；中间回路电压低于欠压设定值后，封锁脉冲。

（13）网侧输入电压过压及欠压保护

当原边网压高于过压设定值或低于欠压设定值时，延时一定时间后进行保护。

（14）控制电源保护

控制电源低于设定值后，封锁脉冲

（15）检修时的安全连锁保护

应具有检修时的安全连锁保护，检修时应保证放电充分，并且放电应有安全指示，应设有安全指示灯，受托方应提供具体的方式和说明。

（16）水冷却系统的保护

应具有水压和水温保护。检测到水泵不工作，封锁脉冲；冷却水水温高于设定值时，封锁脉冲。

（17）四象限相位控制

为降低谐波电流，对动力车上的全部四象限进行载波移相控制。

（18）防空转、滑行控制

应根据具体线路运行情况，配合委托方调整参数，达到最优粘着控制。

* 1. 故障诊断系统
     1. 故障显示

在正常情况下，可以从置于司机室的信号灯或IDU查看到变流器的运行状态和故障信号。更详细的状态信号则需从变流器的控制箱插件的显示灯和测试孔观察或测试到。变流器的所有故障都进行了必要的记录，并且通过通讯接口，可将这些故障数据转储到地面进行分析，以帮助检修人员查找和处理故障。

* + 1. 故障处理

一般情况下，当变流器的任一部分发生故障时，司机室的故障灯和IDU会有相应显示。当变流器出现故障保护后，对于非严重故障，变流器具有几次故障自动恢复功能。如果是严重故障和永久性不可恢复故障，则会进行故障隔离，并记录下是何种故障、故障发生的时间以及发生故障时刻的环境参数，为检修人员能在入库检修时快速、正确的查找和处理故障提供帮助。

入库检修时，根据故障记录和控制插件上的信号显示，进行有针对性的检查、试验和处理，从而确定具体的故障点，并依照规程排除故障。同样的故障显示可能由不同原因引起，检修时，需对照有关说明书逐一排除，对于接插件、线路等引起的故障，通过相应调整（如插紧插件、固定好接头）即可解决；对于部件和器件本身的故障，则需要用相应的备件更换有缺陷的部件和器件。

* 1. 控制电源适应性要求

直流110V供电电源在77V～137.5V之间变化时，控制系统应能正常工作。

1. 接口方案
   1. 外观方案
2. 牵引变流器无尖棱角，柜体骨架对底部基准面的垂直度和骨架立柱间的平行度按GB/T 1184《形状和位置公差未注公差值的规定》，其精度不低于C级。柜门表面设计平整，柜门灵活、开启方便，锁闭良好。
3. 牵引变流器柜体外表采用油漆涂覆，不包括裸露的电器元件、非金属件、后柜门和盖板、紧固件。油漆喷涂色泽均匀且有足够的附着力、硬度和冲击强度，无夹杂物、无气泡、无粒状凸起或凹陷。
   1. 人机接口方案
4. 标识应固定可靠，铭牌标识信息应清晰可辨，能承受产品运用环境所造成的长期腐蚀。应在合理位置设置产品铭牌，铭牌上至少应包含以下内容：供应商名称、产品名称、规格型号、制造年月、出厂编号、重量。
5. 采用中文和俄文的标识及铭牌。
6. 连接器插头、插座应具有标识，高压电气接口各端子应具有标识，接地点应具有标示。在产品上还必须添加或标明安全指示和警告信息。
7. 应设置LED灯，指示设备的工作状态及故障状态，以及高压指示灯。
   1. 人机接口方案

请人工填写

* 1. 电气接口方案

请人工填写

1. 可用性设计

依据技术规格要求，系统MTBF=10000h，MTTR=48h，则固有可用度A=MTBF/(MTBF+MTTR)=99.5%，满足技术规格99%的要求。

1. 可靠性设计
2. 必须按相关的标准进行设计、制造，以保证产品的可靠性。
3. 设计中选用的元器件应满足质量要求。
4. 电路的设计应保证当其发生故障时，对任何其它系统带来的间接损坏为最小，同时应保证系统是故障导向安全的，即不允许使故障扩大化。
5. 所有的电路设计及元器件和设备的使用，必须按照一个原则，就是应选用已被铁路或相应设备的成功运行所验证的产品；必须对所有的潜在故障作深入分析。
6. 电路和元器件的设计应留有足够的裕量。
7. 在设计阶段，应就可靠性方面的改进情况及结论按要求及时通报。
8. 需提供可靠性指标，如故障率或平均故障间隔时间 (MTBF)。

故障分为：

1. 基本故障：因产品功能不能实现而需要运营（维护）人员维修或恢复产品运作的故障（包括所有虚警报或指示错误）。不包括外来因素引起之事故。
2. 服务故障：因某一特定功能异常而导致重大失效的故障。

牵引变流器的可靠性定量指标如下。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **部件名称** | **MTBF(小时)** | **验证方法** | **验证时间** | **接收故障数** | **拒收故障数** |
| 牵引变流器 | 50000 | 使用验证 | 1945000 | 1 | 2 |

1. 可维修性设计

为了满足牵引变流器的可维护性，采取以下措施：

应在设计中对维修是否方便与便利进行审核。零件尽可能在不需要专用工具的条件下容易拆装。在得到用户确认后，应根据车辆维修的需要，提供所有的专用工具；用于车辆上的零部件及模块组件均应具有良好的互换性；在最大可能范围内使设备安装模块化并与有关要求相一致。

* 电气上的要求如下：

1. 应保证能方便地对其内部的设备进行检修。
2. 连接模块和组成电气连接线的零件应优质可靠，并应尽量采用可快速拆装的接头和紧固件。
3. 模块应尽量安装在支架上。模块的装、拆应能在不移动其它模块的条件下进行。
4. 模块的安装零件最好用能快速拆卸的，或者用六角螺栓，不得采用十字或槽头螺钉。
5. 线扎不应挡住模块或其指示标牌。
6. 线扎、线管、支撑架和任何其它敷线设备，都不得挡住安装用的紧固件。
7. 如果部件叠层安装，则此设计必须经过特殊的核准，在下层的设备必须是无源器件。
8. 所有设备的设计要便于维修，对于那些在维修时有可能更换的、而且更换时又有可能损坏的元件，应设有保护罩。
9. 端子排的设置，应使标准工具容易接近端子排零件，导线不得穿过端子排或在端子排的前面。
10. 可拆卸的电气设备的安装位置，应考虑不得使它或它的安装零件落入封闭的空间里面难以取出。应提供适当的接近方法。

* 机械上的要求如下：

1. 线管的连接，应放在较易接近的地方。
2. 各种安装零件应尽量标准化。
3. 在维修可能触及的范围内，必须避免尖角、毛刺。
4. 设备拆卸、组装所需的维修工作量应尽量少；需拆卸的部件数也应尽量少。
5. 设备的安装框架，若一般情况下不拆的，可用机械方法紧固；若需要拆，则用一般螺栓安装。
6. 除设计前已被审核和认可外，所有用于门、盖上的安装零件应是可快速操作的。
7. 安全性设计
8. 变流器所有电器部件应做好防护不能直接接触；设置有高压安全联锁机构必须经过规定的安全操作程序才能开启；柜门和柜体与车体通过接地端子可靠接地。
9. 主电路设置斩波放电回路和固定放电回路，当变流器被隔离或停机时，储存在电容器中的能量通过斩波回路快速放电，当斩波回路故障时可通过固定放电回路放电。
10. 变流器柜门安装应足够牢固防护爆炸冲击。
11. 变流器柜门上设有警示标志。
12. 使用阻燃材料的PCB、线缆、油漆、缠绕带、密封条等，设计应遵循EN 45545-2:2013《铁路应用 轨道车辆的防火保护 第2部分：材料和元件的防火要求》。防火报告应包含符合防火标准方面的鉴定和认证。
13. 产品中禁用和限用的管理物质必须符合《关于禁用和限用材料的责任约定》，非禁用、限用的物质应采用无污染的环保类产品。
14. 安全性设计考虑

| 项点 | | 是否涉及 | 设计考虑 | 解决措施 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 人身安全要求 | 窒息 | 否 | —— | —— |
| 触电 | 是 | 列车采用高压供电，在未放电完成就进行开箱检修，触碰裸露的高压接头或高压设备易造成触电危险，危及人身安全。 | 1. 所有高压电器设备具有安全防护措施及高压警示标识； 2. 变流器外壳与车体通过接地端子可靠接地； 3. 主电路设置固定放电回路，当变流器被隔离或关机时，储存在电容器中的能量通过固定放电电阻消耗掉 |
| 烧（烫）伤 | 是 | 变流器停止工作后，元器件上的余热可能会烫伤操作人员 | 1、专业人士方能操作；2、断电30分钟方能开启柜门 |
| 中毒 | 是 | 如采用含卤电缆或其它燃烧后产生有毒气体的材料，在器件烧毁或发生火灾时易造成人员中毒 | 所有设备不允许使用可燃的材料（如木材等）和燃烧后产生毒气的材料，所用材料应采用无卤阻燃产品 |
| 扎伤 | 否 | ―― | ―― |
| 摔伤 | 否 | ―― | ―― |
| 其它 | ―― | ―― | ―― |
| “八防”要求 | 裂（裂损） | 是 | 1、焊接时出现缺陷；  2、框架不能承受车辆运行时的振动幅度或负载。 | 1、吊挂采取冗余设计，箱体共设有10个吊挂，每个有一个吊装孔，当一个吊挂失效短期并不影响设备安全。  2、采用通过了振动试验既有产品结构；  3、在施工设计图纸技术要求中提出吊耳PT检测要求。 |
| 脱（脱落） | 是 | 结构件脱落：  紧固件选型不正确，技术要求不合理导致断裂或松动。  门盖板脱落：  门锁失效；门结构设计不合理。 | 结构件脱落：  1、通过振动试验验证螺栓的选型可靠，能满足运行要求；  2、紧固力矩严格按照标准给定；  3、所有紧固件在生产现场均通过两次检查，并进行标记，确保紧固到位。  门盖板脱落：  1、在柜体上增加了防脱落装置；  2、对密封条、锁等采用优选物料。 |
| 燃（燃轴） | 否 | ―― | ―― |
| 断（断裂） | 否 | ―― | ―― |
| 爆（爆炸） | 是 | 特殊情况下变流器的电容、IGBT等器件可能会存在爆炸的风险 | 1、模块具有防爆挡板；2、变流器柜门设置多把收紧力门锁和2个固定螺栓防止爆炸冲击 |
| 火（火灾） | 是 | 符合EN45545的相关要求 | 选用符合EN45545防火等级要求的非金属材料，电力电容器选用干式电容。  进行结构防火设计。 |
| 离（分离） | 否 | ―― | ―― |
| 飏（放飏） | 否 | ―― | ―― |
| 其它要求 | | ―― | ―― | ―― |

1. 热设计

热设计见相关技术设计说明书。

1. 兼容性设计
2. 变流器应合理设计接口，具备一定的可扩展性适应主机公司的个性化需求。
3. 变流器的主要部件和零件具有良好的兼容性和互换性，尽量避免个性化器件开发。
4. 传感器、电容等通用件按相关统型要求执行。
5. 紧固件规格应尽可能的少，品牌应尽量统一。
6. 电源设计
7. 变流器控制电源为外部输入DC110V。
8. 变流模块控制板、传感器等器件需要的±5V、±15V、±24V直流电源由TCU内的开关电源板提供。
9. DC110V电源的EMC滤波器应尽可能的靠近电源输入端并可靠接地。
10. 结构设计
11. 骨架采用碳钢和不锈钢板，柜门、盖板采用铝合金材料，以焊接和铆接结合的方式加工，在可选择的情况下优先采用铆接；
12. 骨架除强度方面考虑外要注重整体性，尽量减少零件的数量，避免复杂、零碎的结构设计；
13. 变流器内部自制的金属零部件推荐使用不锈钢和铝合金材料，表明处理采用酸洗钝化的方式，避免出现钝化、镀锌、油漆等不同表明处理方式混用的情况。
14. 重量设计

请人工填写

1. 包装储运设计

按GB/T 25122.3-2018中相关规定执行。

1. 可制造性设计

1）紧固件规格应尽可能的少，品牌应尽量统一。

2）模块选用2.0平台模块，重量轻，安装方便。

3）尽量选用铜排连接，减少布线工时。

1. 可测试性设计
2. 变流器可通过网络系统读取状态数据；
3. 变流器各种详细的状态信号均设计成可从TCU插件的显示灯和测试孔观察或测试到；
4. 变流器模块脉冲分配板设计有故障状态显示灯。
5. 可采购性设计
6. 电容、接触器等关键器件应开发多个供应商；
7. 尽量选用通用物料避免个性化定制开发。
8. 经济性分析
9. 结构设计应考虑加工难度和加工量；
10. 尽量避免选用特种材料；
11. 性能和质量同等的情况下，物料选用优先级为中车体系供应商＞国内供应商＞国外供应商；
12. 选择国外供应商物料的同时应尽可能开发国内供应商进行替代备选；
13. 尽可能选用成熟的通用物料。
14. 环保设计
15. 环保设计考虑

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序** | **环境因素** | **环保项点** | **解决方案** | **备注** |
|  | 水体排放 | 冷却水中的乙二醇 | 变流器冷却水中含有乙二醇，乙二醇低毒，直接排放，污染环境。应设计便于排水的排水口，同时考虑排水可收集回收。 |  |
|  | 大气排放 | —— | —— |  |
|  | 噪声排放 | 风机、电磁器件运行噪声 | 散热风机、电磁器件运行噪声超过80 dB（A），柜体降噪设计，降低整柜噪声。 |  |
|  | 固体废弃物的管理 | 报废PCB | 报废PCB属于《国家危险废物名录》的“HW49其他废物”类别。  ①选择材料符合Q/CRRC J 26《 轨道交通装备产品禁用及限用物质》的规定。  ②在交付客户产品说明书中，进行环保回收说明。 |  |
|  | 土地污染 | —— | —— |  |
|  | 禁限用材料 | 无 | 原则上应无禁限用材料，选择的材料应符合Q/CRRC J 26 《轨道交通装备产品禁用和限用物质》的规定。 |  |
|  | 其他环境问题 | —— | —— |  |

1. 节能设计
2. 节能设计考虑

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序** | **能源项点** | **节能考虑** | **备注** |
| 1 | 电力消耗 | 牵引系统：制动能量回收，变频控制方式降低能耗。 |  |

1. 减振设计

开关类器件（如接触器和继电器等）不能放在柜体顶部。

1. 降噪设计

牵引变流器柜内噪声主要来源有：内循环风机，采用2.0平台风机，根据既有现有经验，噪声＜75dB（A）。

1. EMC设计

EMC（Electromagnetic Compatibility:电磁兼容）技术的目的在于使电气装置或系统在共同的电磁环境下既不受外部电磁环境的影响也不会给周围环境造成影响。

变流器设计时需考虑以下三个方面：

1. 变流器内部的电磁兼容；
2. 变流器与车下其他设备之间的电磁兼容；
3. 变流器与外部空间之间的电磁兼容。

为了满足变流器的EMC要求，变流器设计应采取以下措施：

1. 选用满足EMC标准的电子元器件；
2. 变流器柜体采用金属腔体密闭结构，尽可能减少不必要的孔洞及缝隙；
3. 控制箱置于相对独立屏蔽的腔体中；
4. 控制电源采用滤波器进行滤波；
5. 用于控制回路连接线采用屏蔽电缆；
6. 屏蔽线采用环形接地，超过1.5长的屏蔽线要多点接地；
7. 控制电缆的布线尽可能远离高压电缆，使用单独的走线槽；
8. 当控制线必须与高压电缆交叉时，采取正交布线；
9. 变流器模块上的脉冲分配单元与门控单元间的信号通过光纤传输；
10. EMC敏感的器件应可靠接地；
11. 变流器柜体与车体通过接地端子可靠接地；
12. 变流器型式试验进行电磁兼容试验。
13. 开发环境

开发工具：Creo Parametric 2.0、AUTOCAD、EPLAN Electric P8。

1. 待定问题及风险
2. 待定问题及风险

| **序号** | **问题/风险描述** | **备注/分析** |
| --- | --- | --- |
|  | 整柜重量偏轻，且重量需控制在±1% | 加配重块。 |
|  | 辅变电源为PWM波，开发陶瓷轴承风机，目前无应用经验。 | 加强风机的研究性试验。 |
|  |  |  |
|  |  |  |

1. 附件及说明

独立成文件的附件及说明见表A.1。

* 1. 独立成文件的附件及说明

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **名称** | **描述** |
| 1 |  |  |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |