|  |  |
| --- | --- |
| 产品名称 | XXX产品 |
| 文件编号 |  |
| 文件版本 | V1.0 |

XXX产品

设计方案

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 拟制: |  |  | 日期： |  |
| 审核: |  |  | 日期： |  |
| 批准: |  |  | 日期： |  |



江苏联能电子技术有限公司

版权所有 侵权必究

修订记录

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 日期 | 修订版本 | 修改描述 | 作者 |
| 2019-09-25 | 1.0 | 初稿完成 | xx，xx，xxx |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

目录

[1 产品概述 2](#_Toc343472014)

[2 需求描述 2](#_Toc343472015)

[2.1 功能描述 2](#_Toc343472016)

[2.2 性能描述 2](#_Toc343472017)

[2.3 其它需求描述 2](#_Toc343472018)

[3 硬件总体框图和各功能单元说明 2](#_Toc343472019)

[3.1 硬件总体框图 2](#_Toc343472020)

[3.2 电源板卡及接口板卡 2](#_Toc343472021)

[3.3 数据处理板卡及接口板卡 2](#_Toc343472022)

[3.4 速度采集板卡及接口板卡 2](#_Toc343472023)

[3.5 继电器板卡及接口板卡 2](#_Toc343472024)

[3.6 背板 2](#_Toc343472025)

[4 硬件外部接口描述 2](#_Toc343472026)

[4.1 电源板卡输入接口及指示灯 2](#_Toc343472027)

[4.2 速度板卡输入接口及指示灯 2](#_Toc343472028)

[4.3 处理板输入及指示灯 2](#_Toc343472029)

[4.4 继电器板卡输出及指示灯 2](#_Toc343472030)

[5 硬件的软件需求 2](#_Toc343472031)

[5.1 处理板卡软件 2](#_Toc343472032)

[5.2 速度采集板卡软件 2](#_Toc343472033)

[5.3 继电器板卡软件 2](#_Toc343472034)

[6 硬件的产品化 2](#_Toc343472035)

[6.1 可靠性设计 2](#_Toc343472036)

[6.2 电源 2](#_Toc343472037)

[6.3 电磁兼容设计与安规设计 2](#_Toc343472038)

[6.4 环境适应性与防护设计 2](#_Toc343472039)

[6.5 工艺路线设计 2](#_Toc343472040)

[6.6 结构设计 2](#_Toc343472041)

[6.7 热设计 2](#_Toc343472042)

[6.8 监控设计 2](#_Toc343472043)

[6.9 可测试性与可维护性设计 2](#_Toc343472044)

[7 成本分析 2](#_Toc343472045)

[8 开发环境 2](#_Toc343472046)

[9 参考标准 2](#_Toc343472047)

# 产品概述

本项目需求由长客公司提出，针对CRH5传动系统故障率高，安全隐患大的问题提出对传动系统进行监控。开发产品为CRH5型动车组传动系统监控装置和振动温升传感器。

装置采集传感器的信号，通过特定算法和评判标准对数据分析处理，在发现故障时及时报告给列车控制系统。

# 需求描述

## 功能描述

装置基本功能是对各参数信号进行采集，通过特定算法对数据进行实时分析处理，装置主要有以下功能组成：

1. 采集轴箱振动和温度信号：温度为PT100传感器，振动为压电ICP输出；
2. 采集列车速度：速度传感器安装在轴箱上（列车备份传感器），型号为SKF AV-1639726 E-38；
3. 通过继电器输出报警信号；
4. 对振动和温度信号进行实时故障诊断，根据评判指标决定是否报警。

## 性能描述

根据具体需求和故障诊断等要求，装置应具有以下性能：

1. 振动传感器的频响至少为0.1Hz-6kHz（-3dB）；
2. 温度传感器等级为A级；
3. 振动采样频率必须不小于40kSps；
4. 速度传感器采集输出5Hz；
5. 电源输入为24V（加装DC-DC隔离模块），输出为+24V、±12V，+5V；
6. 装置内部采用CAN+RS485+以太网总线模式；
7. 装置工作温度-40℃～85℃。

## 其它需求描述

其他电磁兼容、环境、安规等需求见第六章

# 硬件总体框图和各功能单元说明

## 硬件总体框图



图3.1 硬件总体框图

装置主机采用插箱（又称U箱）结构，所有功能模块都设计成板卡方式，板卡间通信采用总线方式（CAN+RS485），为了便于大量数据传输及扩展，所有板卡带有网口，电源总线有+24V，±12V，+5V。

机箱尺寸为200（长）\*185（深）\*3U（高）。

CAN总线用于装置内部命令及状态数据的传输，RS485用于装置内部过程数据的传输，考虑到可靠性设计，CAN总线和RS485总线可以相互冗余，任一总线出现问题时可以随时用另外总线代替。

## 电源板卡及接口板卡

电源板卡性能要求：

1. 输入电压18-36V，输出电压主路+24V，辅路±12V，﹢5V；
2. 过流，短路及自恢复保护
3. 输入过欠压包括，输出过流过压保护
4. 输入输出隔离电压＞1500V
5. 输出电压精度：±2%
6. 输出纹波小于50mV
7. 工作温度：-40～85℃



图电源板卡结构图

电源板卡尺寸：160\*100，电路板尺寸及接口如下图。



图电源前插板PCB尺寸

表3.1 电源板DIN41612264 接插件信号定义()

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 引脚号 | 引脚定义 | 引脚号 | 引脚定义 |
| 1 | PWR+ | 2 | PWR+ |
| 3 | PWR+ | 4 | PWR+ |
| 5 | PWR+ | 6 | PWR+ |
| 7 | PWR+ | 8 | PWR+ |
| 9 | PWR- | 10 | PWR- |
| 11 | PWR- | 12 | PWR- |
| 13 | PWR- | 14 | PWR- |
| 15 | PWR- | 16 | PWR- |
| 17 |  | 18 |  |
| 19 |  | 20 |  |
| 21 |  | 22 |  |
| 23 |  | 24 |  |
| 25 | RS485+（与外部通信） | 26 | RS485-（与外部通信） |
| 27 | GND | 28 | GND |
| 29 | TX+ | 30 | TX- |
| 31 | RX+ | 32 | RX- |
| 33 | GND | 34 | GND |
| 35 | CAN+ | 36 | CAN- |
| 37 | RS485-GND | 38 | CAN-GND |
| 39 | RS485+ | 40 | RS485- |
| 41 | +5V | 42 | +5V |
| 43 | +5V | 44 | +5V |
| 45 | GND(+5V) | 46 | GND(+5V) |
| 47 | GND(+5V) | 48 | GND(+5V) |
| 49 | -12V | 50 | -12V |
| 51 | GND(±12V) | 52 | GND(±12V) |
| 53 | GND(±12V) | 54 | GND(±12V) |
| 55 | +12V | 56 | +12V |
| 57 | GND(+24V) | 58 | GND(+24V) |
| 59 | GND(+24V) | 60 | GND(+24V) |
| 61 | +24V | 62 | +24V |
| 63 | +24V | 64 | +24V |

## 数据处理板卡及接口板卡

数据处理板卡采用浮点DSP+FPGA方式，详细框图见图。



图3.2 数据处理板卡框架

数据处理板卡主要技术参数：

1. 振动每通道采样频率大于40kHz；
2. 温度采样1-5Hz;
3. 4阶巴特沃斯低通滤波；
4. 对有效数据进行实时保存（SD卡或FLASH上）；
5. 故障诊断数据及控制命令通过CAN总线传输；
6. 每个板卡通信接口都要相互隔离，电源需要加保护；

板卡尺寸：160\*100。（具体尺寸及接口如下）



图 PCB尺寸及接口位置

表数据处理板DIN41612264 接插件信号定义

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 引脚号 | 引脚定义 | 引脚号 | 引脚定义 |
| 1 | ICP1+ | 2 | ICP1- |
| 3 | ICP2+ | 4 | ICP2- |
| 5 | ICP3+ | 6 | ICP3- |
| 7 | ICP4+ | 8 | ICP4- |
| 9 | ICP5+ | 10 | ICP5- |
| 11 | ICP6+ | 12 | ICP6- |
| 13 | ICP7+ | 14 | ICP7- |
| 15 | ICP8+ | 16 | ICP8- |
| 17 | PT1+ | 18 | PT1- |
| 19 | IN1+ | 20 | IN1- |
| 21 | PT2+ | 22 | PT2- |
| 23 | IN2+ | 24 | IN2- |
| 25 | RS485+（与外部通信） | 26 | RS485-（与外部通信） |
| 27 | TX+ | 28 | TX- |
| 29 | RX+ | 30 | RX- |
| 31 | GND(SYN) | 32 | GND(NET) |
| 33 | SYN+ | 34 | SYN- |
| 35 | CAN+ | 36 | CAN- |
| 37 | RS485-GND | 38 | CAN-GND |
| 39 | RS485+ | 40 | RS485- |
| 41 | +5V | 42 | +5V |
| 43 | +5V | 44 | +5V |
| 45 | GND(+5V) | 46 | GND(+5V) |
| 47 | GND(+5V) | 48 | GND(+5V) |
| 49 | -12V | 50 | -12V |
| 51 | GND(±12V) | 52 | GND(±12V) |
| 53 | GND(±12V) | 54 | GND(±12V) |
| 55 | +12V | 56 | +12V |
| 57 | GND(+24V) | 58 | GND(+24V) |
| 59 | GND(+24V) | 60 | GND(+24V) |
| 61 | +24V | 62 | +24V |
| 63 | +24V | 64 | +24V |

表 DB9接口定义(母头弯针)(RS232信号及网络信号，用于调试)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 引脚号 | 信号定义 | 引脚号 | 信号定义 |
| 1 | NC | 2 | TXD |
| 3 | RXD | 4 | NC |
| 5 | GND | 6 | TX+ |
| 7 | TX- | 8 | RX+ |
| 9 | RX- |  |  |

表指示灯定义

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 灯座号 | LED | 定义 | 引脚定义 |
| LED1 | B | 数字电源指示灯 | 正对指示灯，2个LED左边引脚都是阳极，右边引脚都是阴极 |
| A | 模拟电源指示灯 |
| LED2 | B | CAN指示 |
| A | RS485指示 |
| LED3 | B | 网络LINK指示 |
| A | 网络SPEED指示 |
| LED4 | B | 系统状态1 |
| A | 系统状态2 |

## 速度采集板卡及接口板卡



图速度传感器信号采集板卡结构

轴箱传感器型号为（AV-1639726 E-38），设计时必须要考虑其他类型速度传感器兼容问题。

板卡尺寸：160\*100。（具体尺寸及接口待补充）



表数据处理板DIN41612264 接插件信号定义

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 引脚号 | 引脚定义 | 引脚号 | 引脚定义 |
| 1 | CH1 | 2 | CH2 |
| 3 | CH3 | 4 | CH4 |
| 5 | GND(CH1-4) | 6 | GND(CH1-4) |
| 7 | CH5 | 8 | CH6 |
| 9 | CH7 | 10 | CH8 |
| 11 | GND(CH5-8) | 12 | GND(CH5-8) |
| 13 | Speed\_ch1\_V+ | 14 | Speed\_ch1\_V- |
| 15 | Speed\_ch1\_Spd+ | 16 | Speed\_ch1\_Spd+ |
| 17 | GND(Speed\_ch1) | 18 | GND(Speed\_ch2) |
| 19 | Speed\_ch2\_V+ | 20 | Speed\_ch2\_V- |
| 21 | Speed\_ch2\_Spd+ | 22 | Speed\_ch2\_Spd+ |
| 23 | GND(485) | 24 | GND(485) |
| 25 | RS485+（与外部通信） | 26 | RS485-（与外部通信） |
| 27 | TX+ | 28 | TX- |
| 29 | RX+ | 30 | RX- |
| 31 | GND(SYN) | 32 | GND(NET) |
| 33 | SYN+ | 34 | SYN- |
| 35 | CAN+ | 36 | CAN- |
| 37 | RS485-GND | 38 | CAN-GND |
| 39 | RS485+ | 40 | RS485- |
| 41 | +5V | 42 | +5V |
| 43 | +5V | 44 | +5V |
| 45 | GND(+5V) | 46 | GND(+5V) |
| 47 | GND(+5V) | 48 | GND(+5V) |
| 49 | -12V | 50 | -12V |
| 51 | GND(±12V) | 52 | GND(±12V) |
| 53 | GND(±12V) | 54 | GND(±12V) |
| 55 | +12V | 56 | +12V |
| 57 | GND(+24V) | 58 | GND(+24V) |
| 59 | GND(+24V) | 60 | GND(+24V) |
| 61 | +24V | 62 | +24V |
| 63 | +24V | 64 | +24V |
| 引脚号 | 引脚定义 | 引脚号 | 引脚定义 |
| 1 | Speed\_ch1\_V+ | 2 | Speed\_ch1\_V- |
| 3 | Speed\_ch1\_Spd+ | 4 | Speed\_ch1\_Spd+ |
| 5 | GND(Speed\_ch1) | 6 | GND(Speed\_ch2) |
| 7 | Speed\_ch2\_V+ | 2 | Speed\_ch2\_V- |
| 9 | Speed\_ch2\_Spd+ | 4 | Speed\_ch2\_Spd+ |
| 11 | GND(Speed\_ch2) | 6 | GND(Speed\_ch2) |
| 13 |  | 14 |  |
| 15 |  | 16 |  |
| 17 |  | 18 |  |
| 19 |  | 20 |  |
| 21 |  | 22 |  |
| 23 | GND(485) | 24 | GND(485) |
| 25 | RS485+（与外部通信） | 26 | RS485-（与外部通信） |
| 27 | TX+ | 30 | TX- |
| 29 | RX+ | 32 | RX- |
| 31 | GND(SYN) | 28 | GND(NET) |
| 33 | SYN+ | 34 | SYN- |
| 35 | CAN+ | 36 | CAN- |
| 37 | RS485-GND | 38 | CAN-GND |
| 39 | RS485+ | 40 | RS485- |
| 41 | +5V | 42 | +5V |
| 43 | +5V | 44 | +5V |
| 45 | GND(+5V) | 46 | GND(+5V) |
| 47 | GND(+5V) | 48 | GND(+5V) |
| 49 | -12V | 50 | -12V |
| 51 | GND(±12V) | 52 | GND(±12V) |
| 53 | GND(±12V) | 54 | GND(±12V) |
| 55 | +12V | 56 | +12V |
| 57 | GND(+24V) | 58 | GND(+24V) |
| 59 | GND(+24V) | 60 | GND(+24V) |
| 61 | +24V | 62 | +24V |
| 63 | +24V | 64 | +24V |

表指示灯定义

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 灯座号 | LED | 定义 | 引脚定义 |
| LED1 | A | 数字电源指示灯 | 正对指示灯，2个LED左边引脚都是阳极，右边引脚都是阴极 |
| B | 模拟电源指示灯 |
| LED2 | A | 系统状态1 |
| B | 系统状态2 |
| LED3 | A | 系统状态3 |
| B | 系统状态4 |
| LED4 | A | 系统状态5 |
| B | 系统状态6 |

## 继电器板卡及接口板卡



图继电器板卡结构

3根信号线输出作为故障报警信号，定义：1#-温度传感器故障，2#-温度报警，3#-加速度传感器故障，4#-振动报警，5#-公共端

故障信息表：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1#/4# | 2#/5# | 3#/6# | 状态 |
| 0 | 0 | 0 | 正常 |
| 1 | 0 | 0 | 电机振动报警 |
| 1 | 1 | 0 | 电机振动传感器故障 |
| 0 | 1 | 0 | 齿轮箱温度报警 |
| 1 | 0 | 1 | 齿轮箱温度传感器故障 |
| 0 | 0 | 1 | 齿轮箱振动报警 |
| 0 | 1 | 1 | 齿轮箱振动传感器故障 |
| 1 | 1 | 1 | 装置故障 |

表数据处理板DIN41612264 接插件信号定义

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 引脚号 | 引脚定义 | 引脚号 | 引脚定义 |
| 1 | CH1 | 2 | CH2 |
| 3 | CH3 | 4 | CH4 |
| 5 | GND(CH1-4) | 6 | GND(CH1-4) |
| 7 | CH5 | 2 | CH6 |
| 9 | CH7 | 4 | CH8 |
| 11 | GND(CH5-8) | 6 | GND(CH5-8) |
| 13 | Speed\_ch1\_V+ | 2 | Speed\_ch1\_V- |
| 15 | Speed\_ch1\_Spd+ | 4 | Speed\_ch1\_Spd+ |
| 17 | GND(Speed\_ch1) | 6 | GND(Speed\_ch2) |
| 19 | Speed\_ch2\_V+ | 2 | Speed\_ch2\_V- |
| 21 | Speed\_ch2\_Spd+ | 4 | Speed\_ch2\_Spd+ |
| 23 | GND(485) | 24 | GND(485) |
| 25 | RS485+（与外部通信） | 26 | RS485-（与外部通信） |
| 27 | TX+ | 30 | TX- |
| 29 | RX+ | 32 | RX- |
| 31 | GND(SYN) | 28 | GND(NET) |
| 33 | SYN+ | 34 | SYN- |
| 35 | CAN+ | 36 | CAN- |
| 37 | RS485-GND | 38 | CAN-GND |
| 39 | RS485+ | 40 | RS485- |
| 41 | +5V | 42 | +5V |
| 43 | +5V | 44 | +5V |
| 45 | GND(+5V) | 46 | GND(+5V) |
| 47 | GND(+5V) | 48 | GND(+5V) |
| 49 | -12V | 50 | -12V |
| 51 | GND(±12V) | 52 | GND(±12V) |
| 53 | GND(±12V) | 54 | GND(±12V) |
| 55 | +12V | 56 | +12V |
| 57 | GND(+24V) | 58 | GND(+24V) |
| 59 | GND(+24V) | 60 | GND(+24V) |
| 61 | +24V | 62 | +24V |
| 63 | +24V | 64 | +24V |

## 背板

背板作为板卡间通信和与外部传感器等连接的转接板，板卡间通信采用RS485+CAN总线方式，大量数据传输采用以太网总线。

背板设计要考虑前板卡和后板卡接插件安装尺寸等问题。（背板2mm厚）



# 硬件外部接口描述

## 电源板卡输入接口及指示灯

表4.1 电源指示灯定义

|  |  |
| --- | --- |
| 指示灯 | 定义 |
| 输入 | (亮/灭)电源输入正常/故障 |
| 输出 | (亮/灭)电源输出正常/故障 |
| 状态 | (亮/灭)电源工作正常/故障 |

## 速度板卡输入接口及指示灯

速度板卡还要有输入输出功能，采用RS485总线方式。

表4.2 速度板卡指示灯

|  |  |
| --- | --- |
| 指示灯 | 定义 |
| 01A | (亮/灭)\*V电源正常/故障 |
| 01B | (亮/灭)\*V电源正常/故障 |
| 02A | (闪/灭)运行正常/故障 |
| 02B | (亮)CAN通信 |
| 03A | (亮/灭)速度传感器正常/短路 |
| 03B | (亮/灭)速度传感器正常/断路 |
| 04A | 备用（灭） |
| 04B | 备用（灭） |

## 处理板输入及指示灯

表4.3 处理板指示灯

|  |  |
| --- | --- |
| 指示灯 | 定义 |
| 01A | (亮/灭)\*V电源正常/故障 |
| 01B | (亮/灭)\*V电源正常/故障 |
| 01C | (亮/灭)\*V电源正常/故障 |
| 01D | (亮/灭)\*V电源正常/故障 |
| 02A | (闪/灭)运行正常/故障 |
| 02B | (闪/灭)存储正常/故障 |
| 02C | (亮)RS485通信 |
| 02D | (亮)CAN通信 |

## 继电器板卡输出及指示灯

表4.4 继电器板卡指示灯

|  |  |
| --- | --- |
| 指示灯 | 定义 |
| 01A | (亮/灭)\*V电源正常/故障 |
| 01B | (亮/灭)\*V电源正常/故障 |
| 02A | (闪/灭)运行正常/故障 |
| 02B | (亮)CAN通信 |
| 03A | (亮/灭/闪)通道1接通/断开/故障 |
| 03B | (亮/灭/闪)通道2接通/断开/故障 |
| 04A | (亮/灭/闪)通道3接通/断开/故障 |
| 04B | (亮/灭/闪)通道4接通/断开/故障 |

# 硬件的软件需求

## 处理板卡软件

处理板卡硬件结构上采用FPGA +DSP的方式，FPGA负责数据的采集，通信及系统外围电路控制，DSP负责对传感器数据进行故障诊断算法运算，并将结果与设定阈值进行比较，在综合速度等信息的情况下，对数据进行分析。

处理板卡作为整个系统的核心，处理板卡本身的健壮性及可靠性关系着整个系统的可靠性，所以编程一定充分考虑各种极端复杂情况，并根据系统功能编写测试软件，对功能和性能进行测试。

## 速度采集板卡软件

速度板卡功能主要是调理CRH5轴箱速度传感器的信号，并对信号进行实时处理转换为频率信号，通过微处理器采集频率并转换为轮轴的转速，在处理板卡发出请求转速信息时，将实时速度发送给处理板卡。另外速度板卡还需要在上电后对板卡本身及速度传感器进行自诊断，将诊断结果显示在面板指示灯，同时将结果也发送给处理板卡保存。

系统采用RTLINUX操作系统，底层软件及通信协议需要根据速度采集板卡功能进行裁剪和更改，应用层主要实现速度采集与处理板卡通信。

## 继电器板卡软件

继电器板卡主要实现输出开关信号给列车控制系统，列车控制系统通过采集这些开关信号实时掌握设备及监测部位的工作状态，并根据系统设定采取相应措施。继电器板卡接收处理板卡的控制命令，并根据命令实现相应的继电器输出，继电器输出信号定义如表4.1所示。另外，继电器板卡也要对输出的信号进行自校验，保证输出信号的准确性。

系统采用RTLINUX操作系统，底层软件和通信协议需要根据继电器板卡功能进行裁剪和更改，应用层主要实现继电器输出与校验，接收处理板卡命令等功能。

# 硬件的产品化

## 可靠性设计

考虑以下内容：

1. 降额设计：电源模块功率实际应用功率小于额定功率70%，电阻使用功率小于额定功率，电容使用电压小于额定电压，其他元器件使用参数小于最大使用电压电流等，另外考虑元件使用温度、张力等环境因素；
2. 热设计，特别注意电源模块散热处理。
3. 冗余设计，模块的备份工作
4. 电磁兼容设计

## 电源

注意系统接地，当某一板卡失效时不影响其他模块电源供应，并且能够报告故障。

详细设计参见《路航硬件设计规范—电源设计规范》

## 电磁兼容设计与安规设计

参见《路航硬件设计规范—PCB设计规范》及《路航硬件设计规范—PCB的EMC设计规范》。

## 环境适应性与防护设计

传感器按照IP68和箱体按照IP66防护设计，线缆都按照标准定制。

系统工作温度范围-40～85℃。

## 工艺路线设计

工艺路线设计请有资质的的生产厂家提供。

## 结构设计

结构设计参考《GB3047.2 高度进制为44.45mm的面板、机架和机柜的基本尺寸系列》及《路航结构设计规范—钣金件设计规范》。

## 热设计

由于本系统功耗较低，热设计相对容易，具体设计请参考《路航结构设计规范—热设计规范》。

## 监控设计

由于系统运行初期会存在未知故障等风险，需要对系统状态进行实时监控，由于系统安装于实际运行的列车上，所以监控采用加装一块3G板卡的方式，3G板卡侦听总线数据，并将数据发送到远程主机（常州），在必要时3G板卡也可远程遥控系统工作。

## 可测试性与可维护性设计

可测试性主要考虑各个板卡单独测试和系统整机测试情况，各个板卡设计时留有充分的测试点，便于自动化测试，并根据测试功能设计各个板卡测试电路。各个板卡测试电路设计请在各个板卡原理图确定后设计。系统整机测试需要设计一块整机测试板卡，插在备用插槽，能够监控系统运行情况，实现信息的交互等功能。

由于系统采用板卡方式，增加了系统的可维护性，提高工作效率，为了进一步提高系统可维护性，在各个板卡设计过程中需要留出充足的余量及接口，方便维护。

# 成本分析

详细见项目开发计划。

# 开发环境

开发环境（硬件及软件）清单如下：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **工具名称** | **工具型号** | **实物照片** |
| 1 | 数字电源 | RIGOL DP1308A |  |
| 2 | 万用表 | RIGOL DM3051 |  |
| 3 | 信号发生器 | RIGOL DG1022 |  |
| 4 | 示波器 | LECROY WAVESURFER 434 |  |
| 6 | 电子负载仪 | IT8512 |  |
| 7 | USB-CAN隔离转换模块 | USB-CAN V1.0 |  |
| 8 | KEIL MDK | KEIL MDK 4.2 |  |
| 9 | 串口调试助手 | V3.1 |  |
| 10 | DSP开发软件 | CCS集成开发环境 |  |
| 11 | FPGA开发软件 | Quartus II |  |
| 12 | RT LINUX开发软件 | 系列 |  |
| 13 |  |  | - |
| 14 |  |  | - |
| 15 |  |  | - |

# 参考标准

应用标准

下列文件中的条款，通过本技术规范的引用而成为本规范的条款。凡是标注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订本均不适用于本技术规范。凡是未标注日期的引用文件，其最新版本适用于本技术规范。

GB/T21563-2008 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验

TB/T1484-2010 机车车辆电缆

TB/T3153-2007 铁路应用 机车车辆布线规则

DIN5510-1 机车车辆的防火

GB/T21562-2008 轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范

及示例

EN50126-1999 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）

IEC 60077-1 铁路应用机车车辆的电气设备-第1部分:基本使用条件和总的规定

EN50124-1:2001 铁路应用 绝缘配合 第1部分：基本要求 所有电气和电子设备的电气间隙和爬电距离

GB/T191-2008 包装储运图示标志

GB/T4798.2-2008 [电工电子产品应用环境条件 第2部分：运输](http://www.fjqi.gov.cn/webtest/access/user/bzxx.asp?id=GB%2FT+4798%2E2%2D2008)

TB/T3133-2006 铁道机车车辆电子产品的可靠性、可用性、可维修性（RAMS）