|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 档号 |  |  | 编号 | QKZQ-548\_CS\_PCS\_V2.00 |
| 保管期限 |  |  | 密级 | 非密 |
|  |  |  | 阶段标记 | S |

|  |  |
| --- | --- |
| 名称 | J/CYL-37液冷动力组件控 |
|  | 制器软件配置项测试说明 |

|  |
| --- |
| 会签 |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

|  |  |
| --- | --- |
| 部门 | 控制研发部 |
| 编写 | 李盛 20240620 |
| 校对 | 魏旭来 20240620 |
| 审核 | 唐春茂 20240620 |
| 会签 |  |
| 标审 | 王庆辉 20240620 |
| 批准 | 郑自伟 20240620 |

|  |
| --- |
| 贵州航天林泉电机有限公司 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 内容摘要：  本说明适用于J/CYL-37液冷动力组件控制器软件开发过程中软件实现、软件测试、软件产品评价等，检验对设计说明的符合情况，用于指导该软件项目的测试工作。 | | | | |
| 主题词 | 软件测试说明 | | | |
| 更改栏 | 更改单号 | 更改日期 | 更改人 | 更改办法 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

目录

[1. 测试依据 1](#_Toc172913123)

[1.1. 标识 1](#_Toc172913124)

[1.2. 系统概述 1](#_Toc172913125)

[2. 文档概述 2](#_Toc172913126)

[2.1. 测试性质 2](#_Toc172913127)

[2.2. 测试目的 2](#_Toc172913128)

[3. 引用文档 2](#_Toc172913129)

[4. 测试准备 3](#_Toc172913130)

[4.1. 软件项 5](#_Toc172913131)

[4.2. 硬件和固件项 5](#_Toc172913132)

[4.3. 测试数据 6](#_Toc172913133)

[4.4. 测试环境差异 7](#_Toc172913134)

[5. 测试说明 8](#_Toc172913135)

[5.1. 测试项 8](#_Toc172913136)

[5.2. 测试要求 8](#_Toc172913137)

[5.3. 测试项及方法 9](#_Toc172913138)

[5.3.1. 液冷动力组件控制器软件配置项测试 9](#_Toc172913139)

[5.4. 测试内容充分性及测试方法有效性分析 32](#_Toc172913140)

[5.5. 结果评价准则 35](#_Toc172913141)

[5.5.1. 软件需求符合性 35](#_Toc172913142)

[5.5.2. 软件指标符合性 35](#_Toc172913143)

[5.5.3. 软件质量评价 35](#_Toc172913144)

[5.6. 测试通过准则 35](#_Toc172913145)

[6. 测试度量数据及采集要求 35](#_Toc172913146)

[7. 测试暂停、恢复与中止 36](#_Toc172913147)

[8. 测试组织及任务分工 36](#_Toc172913148)

[9. 测试保障 36](#_Toc172913149)

[9.1. 配置管理 36](#_Toc172913150)

[9.2. 质量保证 37](#_Toc172913151)

[10. 测试安全与保密 37](#_Toc172913152)

[11. 需求的可追踪性 37](#_Toc172913153)

[11.1. 软件需求规格与软件配置项测试说明的追踪 37](#_Toc172913154)

[11.2. 软件配置项测试说明与软件需求规格的追踪 38](#_Toc172913155)

[12. 注释 39](#_Toc172913156)

[13. 附件 39](#_Toc172913157)

J/CYL-37液冷动力组件控制器软件配置项测试说明

# 测试依据

## 标识

液冷动力组件控制器软件是针对液冷动力组件控制器控制功能单元开发的功能软件，对文档标识号、文档标题、术语和缩略语等定义如下：

文档标识号：QKZQ-548\_CS\_PCS\_V2.00；

文档标题：J/CYL-37液冷动力组件控制器软件配置项测试说明。

本文档中的术语和缩略语：

软件：液冷动力组件控制器软件

适用系统：液冷动力组件控制器控制系统

## 系统概述

J/CYL-37液冷动力组件控制器是XX项目液冷动力组件电机泵组件的驱动部件，控制器驱动电机带动泵体高速旋转，为液冷泵提供动力。J/CYL-37液冷动力组件控制器软件嵌在控制器DSP中，接收RIU下发的控制器指令，驱动电机按指令运行，并向RIU实时上传电机的运行参数。系统原理见图 1。



图1液冷动力组件控制器系统原理框图

J/CYL-37液冷动力组件控制软件属于嵌入式实时系统软件，实现液冷动力组件的控制功能：1）软件执行上电自检功能，对系统运行的初始状态进行判断；2）采集各路模拟量，一方面用于闭环调速算法的数据输入，另一方面用于自保护功能的数据输入；3）具备周期自检、自保护停机/降额运行功能；4）接收RIU控制指令，实时上传电机的运行参数及BIT故障检测信息；5）具备数据存储功能。性能指标

液冷动力组件控制器软件性能指标见表1。

1. 液冷动力组件控制器软件性能指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 性能指标 | 追踪关系 |
| 1 | 初始化时间不大于100ms | 3.2.1 上电初始化 |
| 2 | 自检时间不大于1s | 3.2.2 上电自检单元 |
| 3 | 模拟信号采样时间间隔为100us（±10%） | 3.2.3 6路模拟量采集单元、3.4性能 |
| 4 | 1）系统达到稳态时，电机实际转速控制在设定转速的±100rpm/min内  2）速度环控制周期1ms  3）起动时间≤5s（从电机起动到额定转速90%的时间） | 3.2.4 电机转速闭环调节单元、3.4性能 |
| 5 | 检测周期：周期100us（±10us）自检数据 | 3.2.5 周期自检单元、3.4性能 |
| 6 | 发送周期：通过RS422串口以200ms（±10ms）周期上传数据 | 3.2.7 RS422通讯单元、3.4性能 |
| 7 | 设置软件看门狗，复位时间330ms（±10ms），喂狗周期277ms（±10ms） | 3.8安全性需求 |
| 8 | 程序运行占用时间不超过运行周期的70%，程序的存储空间余量不少于30%，运行空间的余量不少于30%  DSP内部flash存储空间128K\*16位，内部RAM空间18K\*16位。 | 3.4 性能、3.13设计和实现约束 |

# 文档概述

## 测试性质

本次测试任务性质为软件自测试。

## 测试目的

发现并纠正软件问题缺陷，验证J/CYL-37液冷动力组件控制器软件功能性能指标是否满足规定的需求，进一步完善和提高软件质量。

# 引用文档

说明编制的依据文件见表2。

1. 依据文件

| 序号 | 文件/标准名称 | 标识 | 发布日期 | 发布/编制单位 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 成品协议书 | J/CLB61-XY-202301 | 2023年09月 | 新乡航空工业（集团）有限公司103厂 |
| 2 | 军用软件测评实验室测评过程和技术能力要求 | 〔2005〕装电字第324号 | 2005年12月 | 总装备部电子信息基础部 |
| 3 | 军用软件质量管理规定 | 〔2005〕装字第4号令 | 2005年09月 | 中国人民解放军原总装备部 |
| 4 | 军用软件产品定型管理办法 | 〔2005〕军定字第62号 | 2005年 | 中央军委军工产品定型委员会 |
| 5 | 军用软件质量管理规定 | 〔2005〕装字第4号 | 2005年 | 总装备部 |
| 6 | 航空军工产品配套软件定型管理工作细则 | 航定〔2007〕31号 | 2007年 | 航空军工产品定型委员会 |
| 7 | 军用软件测试指南 | TE-BTCG-003-2021 | 2021年09月 | 中央军委装备发展部 |
| 8 | 军用软件鉴定测评大纲和报告 | TE-BTCG-007-2021 | 2021年09月 | 中央军委装备发展部 |
| 9 | C/C++语言编程安全子集 | GJB 8114-2013 | 2013年07月 | 中国人民解放军原总装备部 |
| 10 | 海军军用软件产品定型工作细则 | 海定〔2014〕60号 | 2014年04月 | 海军军工产品定型委员会 |
| 11 | 海军装备软件质量管理办法（暂行） | 装电〔2008〕12号 | 2008年02月 | 海军装备部 |
| 12 | 军用软件开发文档通用要求 | GJB 438C-2021 | 2021年12月 | 中央军委装备发展部 |
| 13 | 测试实验室和校准实验室通用要求 | GJB 2725A-2001 | 2001年05月 | 中国人民解放军原总装备部 |
| 14 | 军用软件开发通用要求 | GJB 2786A-2009 | 2009年08月 | 中国人民解放军原总装备部 |
| 15 | J/CYL-37液冷动力组件控制器软件研制任务书 | J/CYL-37- XQ\_RW-V3.02 | 2024年06月 | 贵州航天林泉电机有限公司 |
| 16 | J/CYL-37液冷动力组件控制器软件需求规格说明 | J/CYL-37 -XQ\_XQ-V3.02 | 2024年06月 | 贵州航天林泉电机有限公司 |

# 测试准备

液冷动力组件控制器软件动态测试环境为仿真环境和实物环境，动态测试环境主要由液冷动力组件控制器、电机、270V直流电源、28V直流电源、RS422通信处理器、模拟量产生设备（包括电位器和信号发生器）、测试计算机、仿真器、示波器、电子测速仪以及测试电缆组成，用于完成液冷动力组件控制器软件的测试。液冷动力组件控制器软件运行于液冷动力组件控制器中。

1. 被测软件液冷动力组件控制器软件烧写在液冷动力组件控制器中；
2. 电机为液冷动力组件控制器软件的控制对象，通过三相绕组和液冷动力组件控制器连接。液冷动力组件控制器软件在接收到机上RIU控制指令后，采集电机的相电流，进行位置估算，在空间矢量计算后，输出6路PWM信号，控制功率管开关，该信号在经过驱动放大后，通过三相绕组驱动电机运行；
3. 270V直流电源用于给液冷动力组件控制器提供电源，通过专用线缆连接到液冷动力组件控制器。270V直流电源除了可以为液冷动力组件控制器提供正常电压、电流，还可以提供过压、过流等异常范围的电压、电流；
4. 测试计算机通过RS422通信处理器连接到液冷动力组件控制器，通过安装在其上的MotorCtrl软件来模拟机上RIU下发控制指令，也可以接收液冷动力组件控制器上传的电机实时运行参数；测试计算机上还安装有串口调试助手，可以用于测试RS422通信接口；并且还可以直接在测试计算机上运行Code Composer Studio软件，通过仿真器连接到液冷动力组件控制器，用于将液冷动力组件控制器软件烧写到液冷动力组件控制器中，并查看寄存器中的数据；
5. 28V直流电源用于模拟机上RIU给液冷动力组件控制器发送硬线起停信号，通过通讯电缆连接到液冷动力组件控制器；
6. 模拟量产生设备用于模拟270V电源电压、270V电源电流、A相电流、C相电流、油箱液位、泵出口压力、冷却液温度、电机温度、控制器温度这9路模拟信号，9路模拟量信号输入至DSP的AD采集端口；
7. 示波器连接在PWM接口上，用于查看液冷动力组件控制器发送给电机的PWM信号；
8. 电子测速仪用于测量电机的实际输出转速；
9. 高低温度箱用于温度采集；
10. 信号发生器用于AD采集数据；

动态测试环境图如图2所示。



图2动态测试环境图

## 软件项

液冷动力组件控制器软件动态测试环境中的软件项见表5。

1. 动态测试环境软件项

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 软件项名称 | 版本 | 用途 |
| 1 | 液冷动力组件控制器软件 | 静态测试后版本 | 被测软件 |
| 2 | MotorCtrl软件 | V1.0 | 模拟机上RIU发送/接收数据 |
| 3 | 串口调试助手 | V5.01 | 测试RS422接口和协议 |
| 4 | Code Composer Studio软件 | V10.0 | 用于程序烧写、调试和查看寄存器中的数据 |

## 硬件和固件项

液冷动力组件控制器软件动态测试环境中的硬件和固件项见表6。

1. 动态测试环境硬件和固件项

| 序号 | 硬件或固件项名称 | 配置信息 | 用途 |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 液冷动力组件控制器 | J/CYL-37  DSP型号：JDSP320F2812 | 内含被测软件（液冷动力组件控制器软件） |
| 2 | 电机 | J110TY9200 | 液冷动力组件控制器控制对象 |
| 3 | 测试计算机 | 设备型号：Dell Vostro 3400  设备编号：301052240  操作系统：Windows11 64位  CPU：i7-1165G7  内存：16GB | 内含MotorCtrl软件、串口调试助手和Code Composer Studio软件（烧写、调试）。 |
| 4 | 仿真器 | 设备编号：0002022100000  设备型号：研旭YXDSP-XDS100V3 | 用于DSP 处理器开发平台的高速仿真 |
| 5 | 270V直流电源 | 设备编号：D09020317  设备型号：TDK-Lambda | 用于给液冷动力组件控制器供电 |
| 6 | 28V直流电源 | 设备型号：TDK-Lambda  设备编号：D09021047 | 用于产生硬线起停信号 |
| 7 | 高低温度箱 | 设备编号：K190024 | 用于测试电机温度和控制器温度采集的正确性。 |
| 8 | 示波器 | 设备编号：W08040013  设备型号：Teltronix DPO3012 | 测量PWM信号，检定有效期：2022.10 ~2023.10  通道宽度：200MHZ  采样率：1GS/s  分辨率：8位（1mV/div~10V/div） |
| 9 | 电子测速仪 | 设备型号：DT-2234B  设备编号：R06020070  检定日期：2022年12月19日  有效期：2023年12月18日 | 用于查看软件稳定运行时的电机实际转速。 |
| 10 | 信号发生器 | 设备型号：Agilent 33220A  设备编号：W07050006 | 用于向被测软件发送AD采样值，验证软件AD采集的正确性。 |
| 11 | PT1000热敏电阻 | 型号：PT1000  数量：2 | 陪测设备，用于向被测设备传递电机温度。 |

## 测试数据

本次测试所需的数据见表7。

1. 测试数据

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 数据描述 | 性质 | 规格 | 数量 | 密级 |
| 1 | 控制器温度 | 真实 | 模拟量 | 1路模拟量 | 非密 |
| 2 | 电机温度 | 真实 | 模拟量 | 1路模拟量 | 非密 |
| 3 | 270V电源电流 | 真实 | 模拟量 | 1路模拟量 | 非密 |
| 4 | 270V电源电压 | 真实 | 模拟量 | 1路模拟量 | 非密 |
| 5 | A相电流 | 真实 | 模拟量 | 1路模拟量 | 非密 |
| 6 | C相电流 | 真实 | 模拟量 | 1路模拟量 | 非密 |
| 7 | 油箱液位 | 真实 | 模拟量 | 1路模拟量 | 非密 |
| 8 | 泵口压力 | 真实 | 模拟量 | 1路模拟量 | 非密 |
| 9 | 冷却液温度 | 真实 | 模拟量 | 1路模拟量 | 非密 |

## 测试环境差异

J/CYL-37液冷动力组件控制器软件动态测试环境中的软硬件可以有效支持测试输入输出，能够保障测试顺利有效，但上位机RIU发送的硬线控制指令采用电源提供高低电平模拟，上位机RIU采用RIU模拟软件模拟，与真实环境有差异，具体环境差异及影响分析见表8。

1. 测评环境差异影响分析表

| 序号 | 真实环境 | 测试环境 | 环境差异及对测试结果影响 |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | Q/KZQ-548液冷动力组件控制器 | Q/KZQ-548液冷动力组件控制器 | Q/KZQ-548（液冷动力组件）控制器为真实设备，无差异，满足测试要求。 |
| 2 | 液冷动力组件 | 液冷动力组件 | 液冷动力组件为真实设备，无差异，满足测试要求。 |
| 3 | 电机 | 电机 | 电机PT1000为真实设备，无差异，满足测试要求。 |
| 4 | PT1000热敏电阻 | PT1000热敏电阻 | PT1000热敏电阻为真实器件，无差异，满足测试要求。 |
| 5 | 电机驱动 | 电机驱动 | 电机驱动为真实器件，无差异，满足测试要求。 |
| 6 | 270V电源 | 270V电源 | 270V电源为真实设备，无差异，满足测试要求。 |
| 7 | 上位机RIU | 调试计算机 | 用调试计算机的RIU模拟软件，模拟真实的RIU上位机与被测软件进行RS422数据交互，满足测试要求。 |
| 8 | — | 28V电源 | 进行通讯数据备份功能的测试中，用28V电源模拟上位机RIU向被测软件发送28V硬线指令的高低电平，满足测试要求。 |
| 9 | 电子测速仪 | 用于查看软件稳定运行时的电机实际转速，对测评环境无影响，满足测试要求。 |
| 10 | 高低温度箱 | 用于测试电机温度和控制器温度采集的正确性，对测评环境无影响，满足测试要求。 |
| 11 | 示波器 | 测量性能指标，对测评环境无影响，满足测试要求。 |

# 测试说明

## 测试项

根据《军用软件质量管理规定》、软件任务书、软件需求规格说明及其他等效文档，本次测试的级别为配置项测试，所选取的测试类型功能测试、性能测试、接口测试、余量测试、安全性测试、边界测试、强度测试，具体详见表9，未选测试类型原因见表10。

1. 测试级别和测试类型一览表

| 名称 | 文档审查 | 静态分析 | 内存使用缺陷测试 | 代码审查 | 功能测试 | 性能测试 | 接口测试 | 边界测试 | 强度测试 | 余量测试 | 容量测试 | 安全性测试 | 恢复性测试 | 安装性测数试 | 人机交互界面测试 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 液冷动力组件控制器软件配置项测试 | - | - | - | - | √ | √ | √ | √ | √ | √ | - | √ | - | - | - |

注：表格中的“√”表示需要进行此项测试，“－”表示不进行此项测试。

1. 未选取测试类型原因说明

| 测试级别 | 测试类型 | 未选取原因 |
| --- | --- | --- |
| 液冷动力组件控制器软件配置项测试 | 容量测试 | 软件中无容量要求，故不进行容量测试。 |
| 恢复性测试 | 软件需求规格说明中无相关恢复性需求描述，故不进行恢复性测试。 |
| 安装性测试 | 软件为嵌入式软件，无需用户自行安装，故不进行安装性测试。 |
| 人机交互界面测试 | 软件为嵌入式软件，无人机界面，故不进行人机交互界面测试。 |

## 测试要求

依据相关国军标要求，测试项目组分析了研制任务书、需求规格说明等文档，结合软件特点和承研单位提供的测试环境，制定以下测试策略：

对软件进行文档审查工作，文档审查范围和内容须满足GJB438C相关文档的要求；

对软件的全部程序开展静态分析、代码审查；

承研单位对文档审查、静态分析、代码审查中发现的问题处理后，测试组才能进行动态测试；

通过动态和仿真相结合，验证滤波算法的正确性；

对无法动态测试的软件需求经确认后，可通过代码审查或其它有效方式进行验证；

对测试中不修改的软件问题(建议改进的问题除外)，测试应给出分析报告。

主要测试类型和测试方法详见下表。

1. 测试方法

| 测试类型名称 | 测试类型标识 | 测试内容描述 |
| --- | --- | --- |
| 功能测试 | GN | 功能测试是根据软件需求规格说明文档运行软件系统的所有功能逐项进行测试，以验证该软件系统是否满足软件需求规格说明要求，从以下几方面进行：   1. 用正常值的等价类输入数据值测试； 2. 用非正常值的等价类输入数据值测试； 3. 进行每个功能的合法边界值和非法边界值输入的测试； 4. 对控制流程的正确性、合理性等进行验证。 |
| 性能测试 | XN | 检查被测软件对软件需求规格说明中的性能需求逐项进行的测试，以验证其性能是否满足要求。性能测试需要进行10次读取测量值，每次测量值均满足要求则认为测试通过。具体性能指标如下：   1. 上电初始化时间不大于100ms； 2. 系统达到稳态时，电机实际转速控制在设定转速的±100rpm内； 3. 各个周期中断中有效程序运行占用时间不超过各个中断总时间的70%； 4. 电机起动时间不大于5s； 5. 定时器中断周期为（100us±10us）； 6. 串口通讯收发周期为200ms±10ms； 7. 上电自检单元自检时间不大于1s； 8. 速度环控制周期为1ms±100us。 9. 采集参数精度达到指标要求。 |
| 接口测试 | JK | 对软件需求规格说明中的接口需求逐项进行的测试。接口测试一般对测试所有外部接口，检查接口信息的格式及内容；对每一个外部输入接口做正常和异常情况的测试。主要包括：   1. 检查输出接口信息的格式及内容； 2. 对每一个输入接口必须做正常和异常情况的测试。 |
| 边界测试 | BJ | 边界测试是对参数保护条件的边界点进行考察，边界测试包括边界值、内边界、外边界的测试。设置不同的电源电压，测试软件的运行情况。 |
| 强度测试 | QD | 测试软件的持续运行12小时（10小时外加20％的时间余量）无故障运行进行验证。 |
| 余量测试 | YL | 余量测试主要是验证被测软件程序运行空间余量和程序的存储空间余量是否达到30%的余量要求。 |
| 安全性测试 | AQ | 安全性测试是检验软件中已存在的安全性、安全保密性措施是否有效的测试。  具体测试要求如下：  所有接收到的控制指令，必须进行正确性检验后，方可执行后续操作。对于错误的指令不执行，仍保持上一次正常工作状态。  设置软件看门狗，复位时间320ms±10ms（该复位时间为CS320F2812数字芯片的器件特性决定），喂狗周期277ms±10ms，程序异常导致不能正常喂狗时，软件会进入复位，在复位过程中，硬件设计保证控制器处于安全状态，即功率管处于关断状态、驱动电源处于无供电状态。复位后，电机停转，软件重新初始化运行，并执行上电自检，在自检通过后，电机按当前指令状态运行。 |

## 测试项及方法

### 液冷动力组件控制器软件配置项测试

#### 功能测试

##### 上电初始化

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 上电初始化 | | | 用例标识 | | SDCSH-GN |
| 涉及的需求 | XQ1上电初始化功能 | | | | | |
| 用例描述 | 系统上电后，程序从FLASH加载到RAM中开始运行，上电初始化执行的操作是初始化各变量参数、系统的时钟、中断向量表、SPI、SCI、ADC采样、EV事件管理器。上电初始化的进入条件是DSP上电后硬件复位成功。 | | | | | |
| 测试类型 | ■功能测试□性能测试□时序测试□接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 无。 | | | | | |
| 预期测试结果 | 1. 系统时钟初始化成功； 2. 系统中断系统初始化成功； 3. GPIO模块初始化成功； 4. ADC模块初始化成功； 5. SCI模块初始化成功； 6. SPI初始化成功； 7. EV事件管理器初始化成功； 8. 硬件复位成功； | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 参数初始化：通过代码审查查看各变量参数、系统的时钟、中断向量表、SPI、SCI、ADC采样、EV事件管理器；  复位初始化：通过代码审查查看上电初始化的进入条件是否为DSP上电后硬件复位成功；  硬件复位不成功：通过代码审查查看硬件复位不成功时不进行上电初始化操作。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 上电自检单元

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 上电自检单元 | | | 用例标识 | | SDZJDY-GN |
| 涉及的需求 | XQ2上电自检功能 | | | | | |
| 用例描述 | 控制器在上电初始化完成后，需对控制器的初始参数进行自检，以确保系统能运行在可以正常工作的初始状态。上电自检进入的条件是软件初始化完成。 | | | | | |
| 测试类型 | ■功能测试□性能测试□时序测试□接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 无。 | | | | | |
| 预期测试结果 | 1. A项电流自检正常； 2. C项电流自检正常； 3. 1.9V基准电压正常； 4. 3.3V基准电压正常； 5. AD模块状态正常； 6. 液位传感器状态正常； 7. 温压传感器状态正常； 8. IGBT状态正常； 9. 270V电源电压正常； 10. 207V电源电流正常； 11. 控制器温度正常； 12. 电机温度正常； | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1）A相电流自检：  A相电流正常自检：用信号发生器设置A相电流采集零点偏移值偏移值不大于2A，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BI正常；  A相电流异常自检：用信号发生器设置A相电流采集零点偏移值大于2A，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BI异常。  2）C相电流自检   1. C相电流正常自检：用信号发生器设置C相电流采集零点偏移值偏移值不大于2A，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT正常； 2. C相电流异常自检：用信号发生器设置C相电流采集零点偏移值大于2A，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT异常。   3）1.9V基准电压自检：   1. 1.9V正常自检：用信号发生器设置1.9V基准电压大于等于1.8V且小于等于2V，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT正常； 2. 1.9V异常自检：用信号发生器设置1.9V基准电压小于1.8V或大于2V，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT异常。   4）3.3V基准电压自检：   1. 3.3V正常自检：用信号发生器设置3.3V基准电压大于等于3V且小于等于3.5V，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT正常； 2. 3.3V异常自检：用信号发生器设置3.3V基准电压小于3V或大于3.5V，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT异常。   5）AD模块状态自检：   1. AD模块正常自检：使用信号发生器设置AD模块1V参考电压大于等于0.5V且小于等于1.5V，AD模块2V参考电压大于等于1.5V且小于等于2.5V，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT正常； 2. AD模块异常自检：使用信号发生器设置AD模块1V参考电压小于0.5V或大于1.5V，AD模块2V参考电压小于1.5V或大于2.5V，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT异常。   6）液位传感器状态自检：   1. 液位传感器状态正常自检：使用信号发生器设置液位传感器采集电压小于等于3V，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT正常； 2. 液位传感器状态异常自检：使用信号发生器设置液位传感器采集电压大于3V，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT异常。   7）温压传感器状态自检：   1. 温压传感器状态正常自检：使用信号发生器设置压力传感器采集电压小于等于3V，温度采集电压大于等于0.4V，小于等于2V，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT正常； 2. 温压传感器状态异常自检：使用信号发生器设置压力传感器采集电压大于3V，温度采集电压小于0.4V或大于2V，，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT异常。   8）IGBT状态自检：   1. IGBT状态正常自检：使用信号发生器设置IGBT端采集电压大于1.5V，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT正常； 2. IGBT状态异常自检：使用信号发生器设置IGBT端采集电压小于1.5V，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT异常。   9）270V电源电压自检  270V电源电压正常自检：用信号发生器设置270V电源电压大于200V且小于340V，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT正常；  270V电源电压异常自检：用信号发生器设置270V电源电压小于等于200V或大于等于340V，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT异常。  10）270V电源电流自检   1. 270V电源电流正常自检：用信号发生器设置270V电源电流采集零点不大于2A，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT正常； 2. 270V电源电流异常自检：用信号发生器设置270V电源电流采集零点大于2A，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT异常。   11）控制器温度自检   1. 控制器温度正常自检：用电位器设置控制器温度小于120℃，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT正常； 2. 控制器温度异常自检：用电位器设置控制器温度大于等于120℃，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT异常。   12）电机温度自检   1. 电机温度正常自检：用电位器设置电机温度小于170℃，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT正常； 2. 电机温度异常自检：用电位器设置电机温度大于等于170℃，系统上电，在MotorCtrl软件上查看自检BIT异常。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 模拟量采集单元

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 模拟量采集单元 | | | 用例标识 | | MNLCJDY-GN |
| 涉及的需求 | XQ3模拟量采集单元功能 | | | | | |
| 用例描述 | 270V电源电压、270V电源电流、A相电流、C相电流、油箱液位、泵出口压力、冷却液温度、电机温度、控制器温度等9路模拟信号进行采集。 | | | | | |
| 测试类型 | ■功能测试□性能测试□时序测试□接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 270V电源电压、270V电源电流、A相电流、C相电流、油箱液位、泵出口压力、冷却液温度、电机温度、控制器温度 | | | | | |
| 预期测试结果 | 满足测试规程的要求。 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1）模拟量采集  用模拟量产生设备模拟模拟信号（覆盖的模拟信号包括：270V电源电压、270V电源电流、A相电流、C相电流、油箱液位、泵出口压力、冷却液温度、电机温度、控制器温度），用Code Composer Studio软件在ADC转换寄存器中查看模拟信号采集的结果；  2）滤波处理  ①270V电源电压滤波  用信号发生器设置270V电源电压，在程序中插桩，通过Code Composer Studio软件查看ADC采样的270V电源电压值，并查看270V电源电压滤波后结果。使用CCS编写测试程序使用相同的采样值作为输入，根据计算公式仿真计算270V电源电压滤波结果，比对液冷动力组件控制器软件和测试程序仿真计算的结果是否一致；  ②270V电源电流滤波  用信号发生器设置270V电源电流，在程序中插桩，通过Code Composer Studio软件查看ADC采样的270V电源电流值，连续记录32次并查看270V电源电流滤波后结果。使用CCS编写测试程序使用记录的32次采样值作为输入，根据计算公式仿真计算270V电源电流滤波结果，比对液冷动力组件控制器软件和测试程序仿真计算的结果是否一致；  3）控制器温度和电机温度滤波  用电位器分别设置控制器温度和电机温度，在程序中插桩，通过Code Composer Studio软件查看ADC采样的控制器温度值和电机温度值，分别连续记录256次并查看控制器温度和电机温度滤波后结果。使用CCS编写测试程序使用记录的256次采样值作为输入，根据计算公式分别仿真计算控制器温度和电机温度滤波结果，比对液冷动力组件控制器软件和测试程序仿真计算的结果是否一致；  4）A相电流和C相电流滤波  用信号发生器分别设置A相电流和C相电流，在程序中插桩，通过Code Composer Studio软件查看ADC采样的A相电流值和C相电流值，分别记录并查看A相电流和C相电流滤波后结果。使用CCS编写测试程序使用记录的采样值作为输入，根据计算公式分别仿真计算A相电流和C相电流滤波结果，比对液冷动力组件控制器软件和测试程序仿真计算的结果是否一致；  4）油箱液位、泵出口压力、冷却液温度滤波  用信号发生器分别设置油箱液位、泵出口压力、冷却液温度，在程序中插桩，通过Code Composer Studio软件查看ADC采样的油箱液位、泵出口压力、冷却液温度的值，分别记录并查看油箱液位、泵出口压力、冷却液温度滤波后结果。使用CCS编写测试程序使用记录的采样值作为输入，根据计算公式分别仿真计算油箱液位、泵出口压力、冷却液温度滤波结果，比对液冷动力组件控制器软件和测试程序仿真计算的结果是否一致； | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 电机转速闭环调节单元

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 电机转速闭环调节单元 | | | 用例标识 | | ZSBHTJDY-GN |
| 涉及的需求 | XQ4 电机转速闭环调节单元 | | | | | |
| 用例描述 | 软件在接收到RIU控制指令后，采集两相绕组电流，估算电机转子位置信息，并通过空间矢量计算得到PWM输出信号，驱动电机运转。运行转速与控制的设备号和档位一一对应。该单元进入的条件是上电自检通过且接收到电机起动指令或自检不通过但符合启动条件且接收到电机启动指令的。 | | | | | |
| 测试类型 | ■功能测试□性能测试□时序测试□接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 1. RIU下发的控制指令；   2）硬线控制起停控制信号； | | | | | |
| 预期测试结果 | 转速设：9800±300r/min | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1. 422串口通信正常，且上电自检通过，通过MotorCtrl软件向控制器发送控制指令，通过电子测速仪测量电机实际输出转速，比较电机实际转速与目标转速是否一致（误差100rpm），验证转速控制功能实现的正确性； 2. 422串口通信正常，270V电源电流、270V电源电压、控制器温度、电机温度、A相电流、C相电流自检不通过（但符合启动条件），通过MotorCtrl软件向控制器发送控制指令，通过电子测速仪测量电机实际输出转速，比较电机实际转速与目标转速是否一致（误差100rpm），验证转速控制功能实现的正确性； 3. 422串口通信正常，且A相电流、C相自检、设备编码自检不通过（不符合启动条件）过MotorCtrl软件向控制器发送控制指令，查看电机是否不启动； 4. 422串口通信异常（帧头错误、校验和错误），通过硬线起停信号，相控制器发送指令，通过电子测速仪测量电机实际输出转速，比较电机实际转速与目标转速是否一致（误差100rpm），验证转速控制功能实现的正确性； | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 周期自检单元

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 周期自检单元 | | | 用例标识 | | ZQZJDY-GN |
| 涉及的需求 | XQ5 周期自检单元 | | | | | |
| 用例描述 | 软件周期性的对温压传感器温度输出、温压传感器压力输出、液位传感器输出、通讯故障状态、电机温度、A相电流、C相电流、270V母线电流、270V母线电压进行检测，并根据参数的特性设置故障判断的周期和阈值，在故障位被置位后，通过RS422串口将故障位，按通讯协议的上报要求发送到机上RIU。 | | | | | |
| 测试类型 | ■功能测试□性能测试□时序测试□接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 温压传感器电压、液位传感器电压、通讯故障状态、电机温度、A相电流、C相电流、270V母线电流、270V母线电压 | | | | | |
| 预期测试结果 | 1. 周期检测状态指示灯在无故障发生时显示正常（指示灯为绿色）； 2. 周期检测状态指示灯在有故障发生时显示异常（指示灯为红色）。 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1）连续多次采样，多次采样参数均为异常：   1. 270V电源电压过压故障：系统上电，用信号发生器设置电压大于340V，在MotorCtrl软件上查看是否显示270V电源电压过压故障，验证270V电源电压过压故障检测功能实现的正确性。 2. 270V电源电压欠压故障：系统上电，用信号发生器设置电压小于170V，在MotorCtrl软件上查看是否显示270V电源电压欠压故障，验证270V电源电压欠压故障检测功能实现的正确性。 3. 相电流过流故障：系统上电，用信号发生器设置A、B、C相电流采样绝对值大于49A，在MotorCtrl软件上查看是否显示相电流过流故障，验证相电流过流故障检测功能实现的正确性。 4. 270V电源过流故障：系统上电，用信号发生器设置电流大于60A，在MotorCtrl软件上查看是否显示270V电源过流故障，验证270V电源过流故障检测功能实现的正确性。 5. 控制器通讯接收故障：系统上电，在MotorCtrl软件上取消指令循环发送使控制器通讯接收故障，在MotorCtrl软件上查看是否显示控制器通讯接收故障，验证控制器通讯接收故障检测功能实现的正确性。 6. 电机失步故障：通过Code Composer Studio软件在源代码里插桩，将滑膜观测器输出的反馈转速设置为比设定转速大1000以上的值，运行目标程序，观察电机是否成功启动，验证电机失步故障检测功能实现的正确性。 7. 控制器过热故障：系统上电，用电位器设置控制器温度大于120℃，在MotorCtrl软件上查看是否显示控制器过热故障，验证控制器过热故障检测功能实现的正确性。 8. 电机过热故障：系统上电，用电位器设置电机温度大于150℃，在MotorCtrl软件上查看是否显示电机过热故障，验证电机过热故障检测功能实现的正确性。   2）连续多次采样，有1次参数恢复正常：   1. 270V电源电压过压故障：系统上电，用信号发生器设置脉冲宽度（即高电平的时间）小于连续多次判断周期，并设置高电平时的电压大于340V，低电平时的电压小于等于340V，在MotorCtrl软件上查看是否不显示270V电源电压过压故障，验证270V电源电压过压故障检测功能实现的正确性。 2. 270V电源电压欠压故障：系统上电，用信号发生器设置周期为连续多次判断周期，脉冲宽度（即高电平的时间）小于连续多次判断周期，并设置高电平时的电压大于等于170V，低电平时的电压小于170V，在MotorCtrl软件上查看是否不显示270V电源电压欠压故障，验证270V电源电压欠压故障检测功能实现的正确性。 3. 相电流过流故障：系统上电，用信号发生器设置脉冲宽度（即高电平的时间）小于连续多次判断周期，并设置高电平时的A、B、C相电流大于49A，低电平时的A、B、C相电流小于等于49A，在MotorCtrl软件上查看是否不显示相电流过流故障，验证相电流过流故障检测功能实现的正确性。 4. 270V电源过流故障：系统上电，用信号发生器设置脉冲宽度（即高电平的时间）小于连续多次判断周期，并设置高电平时的电流大于60A，低电平时的电流小于等于60A，在MotorCtrl软件上查看是否不显示270V电源过流故障，验证270V电源过流故障检测功能实现的正确性。 5. 控制器通讯接收故障：系统上电，通过串口调试助手在连续多次判断周期内发送一次正确指令，在串口调试助手中查看回传的通讯故障位是否不置为1，验证控制器通讯接收故障检测功能实现的正确性。 6. 控制器过热故障：系统上电，用电位器设置控制器温度大于120℃，在连续多次判断周期中恢复采样控制器温度小于等于120℃，在MotorCtrl软件上查看是否不显示控制器过热故障，验证控制器过热故障检测功能实现的正确性。 7. 电机过热故障：系统上电，用电位器设置电机温度大于170℃，在连续多次判断周期中恢复采样电机温度小于等于170℃，在MotorCtrl软件上查看是否不显示电机过热故障，验证电机过热故障检测功能实现的正确性。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 自保护停机

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 自保护停机 | | | 用例标识 | | ZBHTJ-GN |
| 涉及的需求 | XQ6 自保护停机 | | | | | |
| 用例描述 | 软件在周期自检中检测到270V电源电流过流、电机过热、电机失步、电机堵转、相电流过流故障后，控制电机停转，并通过RS422串口上报相应状态故障、严重故障。电机停转后，延时6S后重新检测，如果软件检测故障状态恢复正常，则清除故障标志位，重新响应控制指令起动电机运行。 | | | | | |
| 测试类型 | ■功能测试□性能测试□时序测试□接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 1. RIU下发的控制指令；   2）硬线控制起停控制信号； | | | | | |
| 预期测试结果 | 1. 母线过流故障、270V电源电压过压故障、270V电源电压欠压故障、控制器过温故障、转速异常故障时，电机停转； 2. 控制器处于故障状态时，控制器不响应启动指令； 3. 重新上电后，无故障控制器响应指令； 4. 重新上电后，控制器存在故障，控制器不响应指令，电机停转。 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1）自保护停机  用模拟量产生设备设置自检故障（270V电源电流过流、电机过热、电机失步、电机堵转、相电流过流故障），查看电机是否停止转动并且在MotorCtrl软件上查看是否上报故障信息，验证自保护停机功能实现的正确性。  2）恢复故障  电机自保护停机6s后，分别设置故障清除条件（条件如下表），查看电机是否正常运转并且在MotorCtrl软件上查看故障信息是否清除。  故障清除条件表   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 故障名称 | 故障清除条件 | 连续判断次数 | | 270V电源电压过压故障 | 电压大于170V，小于340V | 20次 | | 相电流过流故障 | A、B、C相电流绝对值小于10A； | 20次 | | 270V电源过流 | 电流小于10A | 20次 | | 控制器通讯接收故障 | 接收到校验通过的数据 | 1次 | | 设备识别故障 | 接收的设备号为“2、3、5、8” | 1次 | | 电机失步故障 | 控制器运行指令为停止；  电机完全停止下来，反馈转速小于100rpm。 | 10000次 | | 电机堵转故障 | 控制器运行指令为停止；  电机完全停止下来，反馈转速小于100rpm。 | 10000次 | | 控制器过热故障 | 控制器温度小于120℃ | 3000次 | | 电机过热故障 | 电机温度小于170℃ | 3000次 | | 270V电源欠压故障 | 电压大于170V，小于340V | 20次 | | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### RS422通讯单元

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | RS422通讯单元 | | | 用例标识 | | RSTXDY-GN |
| 涉及的需求 | XQ7 RS422通讯单元 | | | | | |
| 用例描述 | RS422通讯发送接口用于软件与RIU进行通讯，软件通过串口以200ms周期上传系统关键运行参数及BIT故障信息等。串口为单通道，通道故障后，切换到硬线控制。当通道恢复正常后，切换回通讯通道控制。 | | | | | |
| 测试类型 | ■功能测试□性能测试□时序测试□接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 1. RIU下发的控制指令；   2）硬线控制起停控制信号； | | | | | |
| 预期测试结果 | 1. 上位机软件与控制器正常建立通讯； 2. 上位机软件可以正常显示控制器上传的数据； 3. 控制器能正确接收上位机下发的控制指令； 4. 5个周期内发送错误指令，上位机上报通讯错误。 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1）数据发送功能   1. 系统上电，使用串口调试助手捕获RS422串口数据，查看是否能捕获到上传的系统关键运行参数及BIT故障信息（设备识别反馈，故障字，母线电流，A相电流，B相电流，C相电流，电动机转速，270V电源电压，控制器温度，电机温度电动机设定转速，软件版本号，软件生成日期），通过串口调试助手查看周期性发送信息，验证数据发送功能实现的正确性。 2. 系统上电8S内，使用串口调试助手连续五个周期（100ms\*5）发送错误的RIU指令（帧头错误或校验和错误），在串口调试助手中查看回传的通讯故障位是否不置为1，验证数据发送功能实现的正确性。   2）数据接收功能  系统上电初始化后，使用MotorCtrl软件模拟RIU向RS422串口发送正确的控制指令（设备识别指令，电机转速档位调节指令），查看软件是否能按照指令执行，验证数据接收功能实现的正确性。  3）通讯保护功能   1. 系统上电8S内，使用MotorCtrl软件模拟RIU向RS422串口发送一包正确的控制指令（设备识别指令，电机转速档位调节指令），再使用串口调试助手连续五个周期（100ms\*5）发送错误指令（帧头错误或校验和错误），在上电8S内使用串口调试助手查看软件是否上报通讯故障信息，解除通讯保护，验证通讯保护功能实现的正确性。 2. 系统上电8S后，使用串口调试助手连续五个周期（100ms\*5）发送错误的RIU指令（帧头错误或校验和错误），在串口调试助手中查看回传的通讯故障位是否置为1，验证通讯保护功能实现的正确性。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 硬线起停控制

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 硬线起停控制功能 | | | 用例标识 | | YXQTKZ-GN |
| 涉及的需求 | XQ8 硬线起停控制 | | | | | |
| 用例描述 | 软件接收硬线起停信号，在RS422串口通讯功能丧失后，硬线控制信号有效。当硬线信号有效时（输入开关信号为高电平），控制电机起动至低档运行，当硬线信号无效时（输入开关信号为低电平），电机停机。 | | | | | |
| 测试类型 | ■功能测试□性能测试□时序测试□接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 28V模拟起停信号 | | | | | |
| 预期测试结果 | 1. RS422通讯故障时 2. 硬线控制信号无效：电机停机； 3. 硬线控制信号有效：电机运行； 4. RS422通讯异常时 5. 硬线控制信号无效：电机停机； 6. 硬线控制信号有效：电机运行； 7. 通讯保护时 8. 硬线控制信号无效：电机停机； 9. 硬线控制信号有效：电机运行； | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1）RS422串口通讯功能故障   1. 硬线控制信号有效：系统上电初始化后，模拟RS422通道通讯故障，通过28V直流电源模拟RIU向液冷动力组件控制器软件发送有效硬线控制信号，查看电机是否启动；恢复RS422通道通讯，在MotorCtrl软件上下发控制指令，查看电机是否运行，验证硬线起停控制功能实现的正确性； 2. 硬线控制信号无效：系统上电初始化后，模拟RS422通道通讯故障，通过28V直流电源模拟RIU向液冷动力组件控制器软件发送有效硬线控制信号，查看电机是否停机；恢复RS422通道通讯，在MotorCtrl软件上下发控制指令，查看电机是否运行，验证硬线起停控制功能实现的正确性；   2）RS422串口通讯功能正常   1. 硬线控制信号有效：系统上电初始化后，RS422通道通讯正常，通过28V直流电源模拟RIU向液冷动力组件控制器软件发送有效硬线控制信号，查看电机是运行，验证硬线起停控制功能实现的正确性； 2. 硬线控制信号无效：系统上电初始化后，RS422通道通讯正常，通过28V直流电源模拟RIU向液冷动力组件控制器软件发送无效硬线控制信号，查看电机是否运行，验证硬线起停控制功能实现的正确性。   3）通讯保护  系统上电8S内，模拟RS422通道通讯故障，通过28V直流电源模拟RIU向液冷动力组件控制器软件发送无效硬线控制信号，查看电机是否不启动。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

#### 性能测试

##### 上电初始化时间

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 上电初始化时间 | | | 用例标识 | | SDCSHSJ-XN |
| 涉及的需求 | XQ1 上电初始化 | | | | | |
| 用例描述 | 初始化时间不大于100ms。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试■性能测试□时序测试□接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 无 | | | | | |
| 预期测试结果 | 控制器10次上电初始化平均时间不大于100ms | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 通过Code Composer Studio软件代码插桩，配置IO口（IOB9）（默认低电平），设置初始化结束时为高电平，系统上电，连接示波器，在液冷动力组件控制器软件初始化过程中，电压稳定在3.3V的时间为T1，示波器抓到IOB9为高电平时的时间为T2，计算T=T2-T1，连续测试执行10次，验证软件上电初始化时间10次均达到指标要求（不大于100ms）。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 电机转速

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 电机转速 | | | 用例标识 | | SDCSHSJ-XN |
| 涉及的需求 | 《J/CYL-37液冷动力组件控制软件需求规格说明》3.4性能1） | | | | | |
| 用例描述 | 系统达到稳态时，电机实际转速控制在设定转速的±100rpm内。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试■性能测试□时序测试□接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 上位机软件下发的控制指令 | | | | | |
| 预期测试结果 | 10次均可以达到性能指标要求（系统达到稳态时，电机实际转速控制在设定转速的±100rpm内）。 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 软件在接收到MotorCtrl软件控制指令信号，待转速稳定后，通过MotorCtrl软件记录电机实际转速为RPM1，连续测试执行10次，验证电机实际转速10次均达到设定转速的指标要求（电机实际转速控制在设定转速的±300rpm内）。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 程序运行占用时间

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 程序运行占用时间 | | | 用例标识 | | CXYXZYSJ-XN |
| 涉及的需求 | 《J/CYL-37液冷动力组件控制软件需求规格说明》3.4性能2） | | | | | |
| 用例描述 | 程序设计了100us、1ms、10ms、100ms周期中断，各个周期中断中有效程序运行占用时间不超过各个中断总时间的80%。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试■性能测试□时序测试□接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 无 | | | | | |
| 预期测试结果 | 10次均可以达到性能指标要求（周期中断中有效程序运行占用时间不超过各个中断总时间的80%）。 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1）100us周期中断  通过Code Composer Studio软件代码插桩，配置IO口（IOB9）（默认低电平），设置100us周期中断中有效程序运行开始时为高电平，设置有效程序运行结束时为低电平，系统上电，连接示波器，在液冷动力组件控制器软件运行过程中，示波器抓到IOB9为高电平时的时间为T1，示波器抓到IOB9由高电平变为低电平的时间为T2，计算T=(T2-T1)/周期中断时间，连续测试执行10次，验证软件100us周期中断中有效程序运行占用时间10次均达到指标要求（有效程序运行占用时间不超过中断总时间的80%）。  2）1ms周期中断  通过Code Composer Studio软件代码插桩，配置IO口（IOB9）（默认低电平），设置1ms周期中断中有效程序运行开始时为高电平，设置有效程序运行结束时为低电平，系统上电，连接示波器，在液冷动力组件控制器软件运行过程中，示波器抓到IOB9为高电平时的时间为T1，示波器抓到IOB9由高电平变为低电平的时间为T2，计算T=(T2-T1)/周期中断时间，连续测试执行10次，验证软件1ms周期中断中有效程序运行占用时间10次均达到指标要求（有效程序运行占用时间不超过中断总时间的80%）。  3） 10ms周期中断  通过Code Composer Studio软件代码插桩，配置IO口（IOB9）（默认低电平），设置10ms周期中断中有效程序运行开始时为高电平，设置有效程序运行结束时为低电平，系统上电，连接示波器，在液冷动力组件控制器软件运行过程中，示波器抓到IOB9为高电平时的时间为T1，示波器抓到IOB9由高电平变为低电平的时间为T2，计算T=(T2-T1)/周期中断时间，连续测试执行10次，验证软件10ms周期中断中有效程序运行占用时间10次均达到指标要求（有效程序运行占用时间不超过中断总时间的80%）。  4）100ms周期中断  通过Code Composer Studio软件代码插桩，配置IO口（IOB9）（默认低电平），设置100ms周期中断中有效程序运行开始时为高电平，设置有效程序运行结束时为低电平，系统上电，连接示波器，在液冷动力组件控制器软件运行过程中，示波器抓到IOB9为高电平时的时间为T1，示波器抓到IOB9由高电平变为低电平的时间为T2，计算T=(T2-T1)/周期中断时间，连续测试执行10次，验证软件100ms周期中断中有效程序运行占用时间10次均达到指标要求（有效程序运行占用时间不超过中断总时间的80%）。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 电机起动时间

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 电机起动时间 | | | 用例标识 | | DJQDSJ-XN |
| 涉及的需求 | 《J/CYL-37液冷动力组件控制软件需求规格说明》3.2.4.5性能3） | | | | | |
| 用例描述 | 起动时间不大于5S。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试■性能测试□时序测试□接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 起动时间不大于5S。 | | | | | |
| 预期测试结果 | 10次均可以达到性能指标要求（周期中断中有效程序运行占用时间不超过各个中断总时间的80%）。 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 电机上电，使用秒表开始计时，电机开始动作时记录为T1，通过MotorCtrl软件查看电机运行转速，电机动作达到转速额定转速的90%时记录为T2，计算T=T2-T1，连续测试执行10次，验证电机起动时间10次均达到指标要求（不大于5s）。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 定时器中断周期

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 定时器中断周期 | | | 用例标识 | | DSQZDZQ-XN |
| 涉及的需求 | 《J/CYL-37液冷动力组件控制软件需求规格说明》3.4性能2） | | | | | |
| 用例描述 | 定时器中断周期（100us±10us）、（1ms±100us）、（10ms±1ms）、（100ms±10ms）。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试■性能测试□时序测试□接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 无 | | | | | |
| 预期测试结果 | 10次均可以达到性能指标要求（定时器中断周期（100us±10us）、（1ms±100us）、（10ms±1ms）、（100ms±10ms））。 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1）100us定时器中断周期  通过Code Composer Studio软件代码插桩，配置IO口（IOB9）（默认低电平），设置100us定时器中断开始时为高电平，设置100us定时器中断结束时为低电平，系统上电，连接示波器，在液冷动力组件控制器软件运行过程中，示波器抓到IOB9为高电平时的时间为T1，示波器下一次抓到IOB9为高电平的时间为T2，计算T=T2-T1，连续测试执行10次，验证100us定时器中断周期10次均达到指标要求（100us±10us）。  2） 1ms定时器中断周期  通过Code Composer Studio软件代码插桩，配置IO口（IOB9）（默认低电平），设置1ms定时器中断开始时为高电平，设置1ms定时器中断结束时为低电平，系统上电，连接示波器，在液冷动力组件控制器软件运行过程中，示波器抓到IOB9为高电平时的时间为T1，示波器下一次抓到IOB9为高电平的时间为T2，计算T=T2-T1，连续测试执行10次，验证1ms定时器中断周期10次均达到指标要求（1ms±100us）。  3）10ms定时器中断周期  通过Code Composer Studio软件代码插桩，配置IO口（IOB9）（默认低电平），设置10ms定时器中断开始时为高电平，设置10ms定时器中断结束时为低电平，系统上电，连接示波器，在液冷动力组件控制器软件运行过程中，示波器抓到IOB9为高电平时的时间为T1，示波器下一次抓到IOB9为高电平的时间为T2，计算T=T2-T1，连续测试执行10次，验证10ms定时器中断周期10次均达到指标要求（10ms±1ms）。  4）100ms定时器中断周期  通过Code Composer Studio软件代码插桩，配置IO口（IOB9）（默认低电平），设置100ms定时器中断开始时为高电平，设置100ms定时器中断结束时为低电平，系统上电，连接示波器，在液冷动力组件控制器软件运行过程中，示波器抓到IOB9为高电平时的时间为T1，示波器下一次抓到IOB9为高电平的时间为T2，计算T=T2-T1，连续测试执行10次，验证100ms定时器中断周期10次均达到指标要求（100ms±10ms）。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 串口通讯收发周期

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 串口通讯收发周期 | | | 用例标识 | | CKTXSFZQ-XN |
| 涉及的需求 | 《J/CYL-37液冷动力组件控制软件需求规格说明》3.4性能2） | | | | | |
| 用例描述 | 验证液冷动力组件控制器软件串口通讯收发周期达到指标要求。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试■性能测试□时序测试□接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 无 | | | | | |
| 预期测试结果 | 10次均可以达到性能指标要求（串口通讯收发周期200ms±10ms）。 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 系统上电，连接示波器，在液冷动力组件控制器软件运行过程中，示波器抓到串口通讯收发开始时的时间为T1，示波器串口通讯收发结束时的时间为T2，计算T=T2-T1，连续测试执行10次，验证串口通讯收发周期10次均达到指标要求（100ms±10ms）。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 上电自检单元自检时间

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 上电自检单元自检时间 | | | 用例标识 | | SDZJDYZJ-XN |
| 涉及的需求 | XQ2 上电自检单元自检单元 | | | | | |
| 用例描述 | 验证液冷动力组件控制器软件上电自检单元自检时间达到指标要求。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试■性能测试□时序测试□接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 无 | | | | | |
| 预期测试结果 | 10次均可以达到性能指标要求（自检时间不大于1S）。 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1.初始运行参数正常时上电自检  通过Code Composer Studio软件代码插桩，配置IO口（IOB9）（默认低电平），设置上电自检开始时为高电平，设置上电自检结束时为低电平；通过模拟量产生设备模拟正常的初始运行参数，系统上电，连接示波器，在液冷动力组件控制器软件运行过程中，示波器抓到IOB9为高电平时的时间为T1，示波器抓到IOB9由高电平变为低电平的时间为T2，计算T=T2-T1，连续测试执行10次，验证上电自检单元自检时间10次均达到指标要求（不大于1S）。  2.初始运行参数异常时上电自检  通过Code Composer Studio软件代码插桩，配置IO口（IOB9）（默认低电平），设置上电自检开始时为高电平，设置上电自检结束时为低电平；通过模拟量产生设备模拟异常的初始运行参数，系统上电，连接示波器，在液冷动力组件控制器软件运行过程中，示波器抓到IOB9为高电平时的时间为T1，示波器抓到IOB9由高电平变为低电平时的时间为T2，计算T=T2-T1，连续测试执行10次，验证上电自检单元自检时间10次均达到指标要求（不大于1S）。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 采集参数精度

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 采集参数精度 | | | 用例标识 | | CJCSJD-XN |
| 涉及的需求 | XQ3 模拟量采集功能 | | | | | |
| 用例描述 | 验证液冷动力组件控制器软件采集参数精度达到指标要求。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试■性能测试□时序测试□接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 无 | | | | | |
| 预期测试结果 | 10次均可以达到性能指标要求。  采集参数的精度   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 名称 | 值域 | 精度 | | 270V电源电压 | 0～+340 | ±3V | | 270V电源电流 | 0～+50 | ±1A | | A相电流 | -50～50 | ±1A | | C相电流 | -50～50 | ±1A | | 控制器  温度 | -55～+200 | ±3℃ | | 电机温度 | -55～+200 | ±3℃ | | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 通过模拟信号产生设备向液冷动力组件控制器软件发送10组不同的模拟量采样信号，验证采集参数精度10次均达到指标要求。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

#### 接口测试

##### 模拟信号采集接口

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 模拟信号采集接口 | | | 用例标识 | | MNXHCJ-JK |
| 涉及的需求 | XQ3 模拟量采集功能 | | | | | |
| 用例描述 | 内部模拟信号采集分别为270V电源电压、270V电源电流、A相电流、C相电流、油箱液位、泵出口压力、冷却液温度、电机温度、控制器温度等。采用定时器中断触发采样，采样周期100us。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试□性能测试□时序测试■接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 1. 控制器温度极限值/值域：-55℃~+200℃； 2. 电机温度极限值/值域：-55℃~+200℃； 3. 270V电源电流极限值/值域：0A~+50A； 4. 270V电源电压极限值/值域：0V~+340V； 5. A相电流极限值/值域：-50A~+50A； 6. C相电流极限值/值域：-50A~+50A。 | | | | | |
| 预期测试结果 | 测试结果与测试输入一致 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1）正常输入接口测试  系统上电自检正常，进入定时中断，用模拟量产生设备模拟9路分别在阈值内的数据（控制器温度极限值/值域：-55℃~+200℃，电机温度极限值/值域：-55℃~+200℃、270V电源电流极限值/值域：0A~+50A、270V电源电压极限值/值域：0V~+340V、A相电流极限值/值域：-50A~+50A、C相电流极限值/值域：-50A~+50A、通过Code Composer Studio软件查看液冷动力组件控制器软件的ADC寄存器中6路模拟量数据格式的正确性；  2）异常输入接口测试  系统上电自检正常，进入定时中断，用模拟量产生设备模拟9路分别在阈值外的数据（控制器温度极限值/值域外：小于-55℃或大于+200℃，电机温度极限值/值域外：小于-55℃或大于+200℃、270V电源电流极限值/值域外：大于50A、270V电源电压极限值/值域外：大于+340V、A相电流极限值/值域外：小于-50A或大于+50A、C相电流极限值/值域外：小于-50A或大于+50A，通过Code Composer Studio软件查看液冷动力组件控制器软件的ADC寄存器中的异常数据是否按照极限值保存； | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### PWM接口测试

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | PWM信号输出 | | | 用例标识 | | PWMXHSC-JK |
| 涉及的需求 | XQ4 PWM信号输出接口 | | | | | |
| 用例描述 | 软件在接收到控制指令后，采集电机的相电流，进行位置估算，在空间矢量计算后，输出6路PWM信号，输出信号的更新频率为10K，该信号在经过驱动放大后，驱动电机运行。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试□性能测试□时序测试■接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 上位机软件下发的控制指令 | | | | | |
| 预期测试结果 | 电机实际转速与目标转速一致（误差100rpm） | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1）422通讯正常，通过MotorCtrl软件向液冷动力组件控制器发送控制指令，通过电子测速仪测量电机实际输出转速，比较电机实际转速与目标转速是否一致（误差300rpm）。  2）422通信异常，通过MotorCtrl软件向液冷动力组件控制器发送有效硬线起停信号，通过电子测速仪测量电机实际输出转速，比较电机实际转速与目标转速是否一致（误差100rpm）。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### RS422串口

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | RS422串口 | | | 用例标识 | | RSCK-JK |
| 涉及的需求 | XQ\_JK\_0001 RS422串口接口； | | | | | |
| 用例描述 | RS422串口用于软件与RIU进行通讯，软件一方面接收RIU下发的控制指令，另一方面通过串口以200ms周期上传电机关键运行参数。通讯的格式和数据传递的格式遵循《J/CYL-37液冷动力组件控制器串口通讯协议》的相关规定。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试□性能测试□时序测试■接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 上位机软件下发的控制指令 | | | | | |
| 预期测试结果 | 1. 控制器与上位机软件正常建立连接； 2. 控制器可以正常响应上位机下发的控制指令； 3. 上位机可以正确显示控制器上传的数据。 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1.输入接口测试  1）正常输入接口测试  系统上电初始化后，通过MotorCtrl软件向RS422串口的输入接口发送正确的控制指令（设备识别指令，电机转速档位调节指令），查看软件能否按照指令正确响应并与接口协议进行比对，验证输入接口协议的正确性。  2）异常输入接口测试  ①系统上电初始化后，使用串口调试助手向RS422串口的输入接口发送异常的控制指令（帧头错误、校验和错误），在串口调试助手中查看回传的通讯故障位是否置为1。  ②系统上电初始化后，使用串口调试助手向RS422串口的输入接口发送内容异常的控制指令，在串口调试助手中查看回传的通讯故障位是否置为1。  2.输出接口测试  使用串口调试助手捕获RS422串口输出的电机关键运行参数等信息（状态切换指令，故障字，母线电流，A相电流，B相电流，C相电流，电动机转速，270V电源电压，控制器温度，电机温度电动机设定转速，软件版本号，软件生成日期），通过串口调试助手查看捕获数据与接口协议是否一致。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 硬线起停控制接口

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 硬线起停控制接口 | | | 用例标识 | | YXQTKZ-JK |
| 涉及的需求 | XQ\_IN\_0002硬线启停信号接口 | | | | | |
| 用例描述 | 软件接收硬线起停信号，当硬线信号有效时（输入开关信号为低电平），电机起动，硬线信号无效时（输入开关信号为高电平），电机停转。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试□性能测试□时序测试■接口测试□强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 28V模拟起停信号 | | | | | |
| 预期测试结果 | 1. 起停信号有效时，电机启动； 2. 起停信号无效时，电机停转。 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1）高电平开关信号  系统上电初始化后，模拟RS422通道通讯故障，通过28V直流电源模拟RIU向液冷动力组件控制器软件发送有效硬线控制信号，在MotorCtrl软件上查看电机是否启动并低档运行，在串口调试助手中查看硬线控制状态反馈是否有效，验证硬线起停控制接口实现的正确性。  2）低电平开关型号  系统上电初始化后，模拟RS422通道通讯故障，通过28V直流电源模拟RIU向液冷动力组件控制器软件发送无效硬线控制信号，在MotorCtrl软件上查看电机是否停机，在串口调试助手中查看硬线控制状态反馈是否无效，验证硬线起停控制接口实现的正确性。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

#### 余量测试

##### 程序运行空间

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 程序运行空间 | | | 用例标识 | | CXYXKJ-YL |
| 涉及的需求 | 《J/CYL-37液冷动力组件控制软件需求规格说明》3.4性能2） | | | | | |
| 用例描述 | 实际运行时间在实时周期（100us）中有30％以上的余量 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试□性能测试□时序测试□接口测试□强度测试■余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 无 | | | | | |
| 预期测试结果 | 实际运行时间在实时周期（100us）中有30％以上的余量 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 通过Code Composer Studio软件对源代码插桩，在代码中加入一个大小为RAM总空间的30%的数组，运行液冷动力组件控制器软件，查看软件是否能正常运行并执行相应指令。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 程序存储空间

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 程序存储空间 | | | 用例标识 | | CXCCKJ-YL |
| 涉及的需求 | 《J/CYL-37液冷动力组件控制软件需求规格说明》3.4性能2） | | | | | |
| 用例描述 | 验证液冷动力组件控制器软件程序RAM空间的余量大于30%。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试□性能测试□时序测试□接口测试□强度测试■余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 无 | | | | | |
| 预期测试结果 | 软件flash存储空间余量大于30%。 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 查看.map文件，计算得到烧写程序时的大小/flash存储空间，查看软件DSP内部flash存储空间余量是否大于30%。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

#### 边界测试

##### 采集参数边界

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 采集参数边界 | | | 用例标识 | | CJCS-BJ |
| 涉及的需求 | 《J/CYL-37液冷动力组件控制软件需求规格说明》3.3.16路模拟信号采集接口 | | | | | |
| 用例描述 | 通过查看液冷动力组件控制器软件对数据边界内、边界上的数据是否进行正常处理，对边界外的数据是否按边界值进行处理，验证边界测试的正确性。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试□性能测试□时序测试□接口测试□强度测试■余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 无 | | | | | |
| 预期测试结果 | 采集参数的边界满足：   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **名称** | **值域** | **精度** | | 270V电源电压 | 0～+340 | ±3V | | 270V电源电流 | 0～+50 | ±1A | | A相电流 | -50～50 | ±1A | | C相电流 | -50～50 | ±1A | | 控制器温度 | -55～+200 | ±3℃ | | 电机温度 | -55～+200 | ±3℃ | | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1）通过模拟信号产生设备向液冷动力组件控制器软件发送在边界内的模拟量采样信号，查看边界内数据是否可以验证。  2）通过模拟信号产生设备向液冷动力组件控制器软件发送在边界上的模拟量采样信号，查看边界上数据是否可以验证。  3）通过模拟信号产生设备向液冷动力组件控制器软件发送在边界外的模拟量采样信号，查看软件对边界外数据是否按边界值进行处理。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 占空比值边界

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 占空比值边界 | | | 用例标识 | | ZKBZ-BJ |
| 涉及的需求 | 《J/CYL-37液冷动力组件控制软件需求规格说明》3.3.6 PWM信号输出 | | | | | |
| 用例描述 | 通过查看液冷动力组件控制器软件对数据边界内、边界上的数据是否进行正常处理，对边界外的数据是否按边界值进行处理，验证边界测试的正确性。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试□性能测试□时序测试□接口测试□强度测试■余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 无 | | | | | |
| 预期测试结果 | 输出占空比值域满足[0，6000]。 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1）通过MotorCtrl软件向液冷动力组件控制器软件发送正常的控制指令，即占空比在边界内，查看边界内数据是否可以验证。  2）通过CCS软件在代码中插桩，设置在边界上的占空比值，查看边界上数据是否可以验证。  3）通过CCS软件在代码中插桩，设置在边界外的占空比值，查看软件对边界外数据是否按边界值进行处理。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

#### 强度测试

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 强度测试 | | | 用例标识 | | QDCS-QD |
| 涉及的需求 | 隐含需求 | | | | | |
| 用例描述 | 测试液冷动力组件控制器软件强度，连续工作12小时（10小时外加20％的时间余量），在运行中对其做常用操作、关键操作，验证液冷动力组件控制器软件是否可以无故障运行。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试□性能测试□时序测试□接口测试■强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 上位机下发的控制指令 | | | | | |
| 预期测试结果 | 12个小时后系统能够正常工作运行，无故障。 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 系统上电初始化完成后，使用串口调试助手定时每隔30s发送一次控制指令，连续运行12小时后看液冷动力组件控制器软件的运行状态，查看软件是否正常运行。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

#### 安全性测试

##### 控制指令

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 控制指令 | | | 用例标识 | | KZZL-AQ |
| 涉及的需求 | 《J/CYL-37液冷动力组件控制软件需求规格说明》 3.8安全性需求1） | | | | | |
| 用例描述 | 测试液冷动力组件控制器软件强度，连续工作12小时（10小时外加20％的时间余量），在运行中对其做常用操作、关键操作，验证液冷动力组件控制器软件是否可以无故障运行。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试□性能测试□时序测试□接口测试■强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 上位机下发的控制指令 | | | | | |
| 预期测试结果 | 1. 控制器响应正确的控制指令； 2. 控制器不响应错误的控制指令 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1）控制指令检验  系统上电初始化后，使用串口调试助手通过RS422串口向液冷动力组件控制器软件发送正确的控制指令查看软件能否按照指令正确响应。  2）错误控制指令  系统上电初始化后，使用串口调试助手通过RS422串口向液冷动力组件控制器软件发送异常的控制指令（帧头错误、校验和错误），查看软件是否不执行错误指令。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

##### 看门狗

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用例名称 | 看门狗 | | | 用例标识 | | KMG-AQ |
| 涉及的需求 | 《J/CYL-37液冷动力组件控制软件需求规格说明》 3.8安全性需求5） | | | | | |
| 用例描述 | 设置软件看门狗，复位时间320ms±10ms（该复位时间为CS320F2812数字芯片的器件特性决定），喂狗周期277ms±10ms，程序异常导致不能正常喂狗时，软件会进入复位，在复位过程中，功率管处于关断状态、驱动电源处于无供电状态。复位后，电机停转，软件重新初始化运行，并执行上电自检，在自检通过后，电机按当前指令状态运行。 | | | | | |
| 测试类型 | □功能测试□性能测试□时序测试□接口测试■强度测试□余量测试□安全性测试□边界测试□功耗分析□逻辑测试□代码走查□代码审查□文档审查 | | | | | |
| 先决条件 | 硬件配置 | J/CYL-37控制器软件测试平台 | | | | |
| 软件配置 | CCS软件、RIU模拟软件、串口调试助手 | | | | |
| 测试配置 | 无 | | | | |
| 参数设置 | 无 | | | | |
| 测试输入 | 无 | | | | | |
| 预期测试结果 | 满足测试规程的要求。 | | | | | |
| 假设和约束 | 无 | | | | | |
| 测试规程 | 1）进入复位  通过Code Composer Studio软件插桩使代码进入死循环，通过CCS软件跟踪代码运行情况查看液冷动力组件控制器软件是否进入复位，并通过在CCS中插入时间戳查看喂狗周期是否为277ms±10ms；  2）复位过程  软件复位过程中，通过示波器查看软件功率管的开关信号是否处于关断状态（低电平）、驱动板电源的控制信号是否为低电平，查看控制器是否处于安全状态；  3）复位时间  通过CCS软件在代码中插入时间戳查看复位时间是否为320ms±10ms；  4）复位后  软件复位后，电机停转，软件重新初始化运行，通过MotorCtrl软件查看软件是否执行上电自检并在自检通过后使电机按当前指令状态运行。 | | | | | |
| 结果评价准则 | 各测试步骤，测试用例执行结果与预期结果一致，功能实现正确。 | | | | | |
| 编制人 | 李盛 | | 审核人 | | 唐春茂 | |

## 测试内容充分性及测试方法有效性分析

通过对液冷动力组件控制器软件分析，经整理出20个软件需求（含隐含需求），由软件需求分析出个34个测试项，其中功能测试类型9个测试项，性能测试类型9个测试项，接口测试类型5个测试项，余量测试类型2个测试项，安全性测试类型2个测试项，强度测试类型1个测试项，边界测试类型2个测试项，文档审查测试类型1个测试项，静态分析测试类型1个测试项，内存使用缺陷测试类型1个测试项，代码审查测试类型1个测试项，实现测试需求对软件需求100%覆盖。具体详见表10。按照军用软件鉴定测评指南以及相关规定要求，进行测试策划，所选取的测试方法适合、有效。

1. 测试内容充分性分析表（正向追踪）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 需求来源 | | 测试项标识 | 测试项类型 | 备注 |
| 研制任务书 | 软件需求规格说明 |
| 1 | 4.1.1 上电初始化功能 | 3.2.1 上电初始化 | SDCSH-GN | 功能测试 | -- |
| 2 | 4.1.2 上电自检功能 | 3.2.2上电自检单元 | SDZJDY-GN | 功能测试 | -- |
| 3 | 4.1.3 模拟量采集功能 | 3.2.3 8路模拟量采集单元 | MNLCJDY-GN | 功能测试 | -- |
| 4 | 4.1.4闭环调节功能 | 3.2.4电机转速闭环调节单元 | ZSBHTJDY-GN | 功能测试 | -- |
| 5 | 4.1.5 周期自检功能 | 3.2.5 周期自检单元 | ZQZJDY-GN | 功能测试 | -- |
| 6 | 4.1.6 自保护停机功能 | 3.2.6 自保护停机 | ZBHTJ-GN | 功能测试 | -- |
| 7 | 4.1.7 RS422通讯功能 | 3.2.7 RS422通讯单元 | RSTXDY-GN | 功能测试 | -- |
| 8 | 4.1.8 硬线起停控制功能 | 3.2.8 硬线起停控制 | YXQTKZ-GN | 功能测试 | -- |
| 9 | 4.1.1上电初始化功能 | 3.2.1上电初始化 | SDCSHSJ-XN | 性能测试 | -- |
| 10 | 4.2性能1） | 3.4性能1） | DJZS-XN | 性能测试 | -- |
| 11 | 4.2性能3） | 3.4性能2） | CXYXZYSJ-XN | 性能测试 | -- |
| 12 | 4.2性能2） | 3.2.4.5性能3） | DJQDSJ-XN | 性能测试 | -- |
| 13 | 4.2性能3） | 3.4性能2） | DSQZDZQ-XN | 性能测试 | -- |
| 14 | 4.2性能3） | 3.4性能2） | CKTXSFZQ-XN | 性能测试 | -- |
| 15 | 4.1.2上电自检功能 | 3.2.2上电自检单元 | SDZJDYZJ-XN | 性能测试 | -- |
| 16 | 4.1.4 电机转速闭环调节功能 | 3.2.4 电机转速闭环调节单元 | SDHKZZQ-XN | 性能测试 | -- |
| 17 | 4.5.1模拟信号采集 | 3.3.1模拟信号采集接口 | CJCSJD-XN | 性能测试 | -- |
| 18 | 4.5.1 模拟信号采集 | 3.3.1 模拟信号采集接口 | MNXHCJ-JK | 接口测试 | -- |
| 19 | 4.5.6 PWM信号输出 | 3.3.5 PWM信号输出 | PWMXHSC-JK | 接口测试 | -- |
| 20 | 4.5.3 RS422串口 | 3.3.3 RS422串口 | RSCK-JK | 接口测试 | -- |
| 21 | 4.5.2 硬线起停控制 | 3.3.2 硬线起停控制 | YXQTKZ-JK | 接口测试 | -- |
| 22 | 4.5.5 XQ\_JK\_0002 E2PROM读写 | 3.3.4 E2PROM读写 | E2PROMDX-JK | 接口测试 | -- |
| 23 | 4.2性能3） | 3.4性能2） | CXCCKJ-YL | 余量测试 | -- |
| 24 | 4.2性能3） | 3.4性能2） | CXCCKJ-YL | 余量测试 | -- |
| 25 | -- | -- | QDCS-QD | 余量测试 | -- |
| 26 | 4.7.2安全性 | 3.8安全性需求1） | KZZL-AQ | 安全性测试 | -- |
| 27 | -- | 3.8安全性需求5） | KMG-AQ | 安全性测试 | -- |
| 28 | 4.5.1模拟信号采集 | 3.3.1模拟信号采集接口 | CJCS-BJ | 边界测试 | -- |
| 29 | 4.5.6 PWM信号输出 | 3.3.5 PWM信号输出 | ZKBZ-BJ | 边界测试 | -- |

1. 测试内容充分性分析表（逆向追踪）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 测试项标识 | 测试项名称 | 需求来源 | |
| 研制任务书 | 软件需求规格说明 |
| 1 | SDCSH-GN | 上电初始化 | 4.1.1 上电初始化功能 | 3.2.1 上电初始化 |
| 2 | SDZJDY-GN | 上电自检单元 | 4.1.2 上电自检功能 | 3.2.2上电自检单元 |
| 3 | MNLCJDY-GN | 模拟量采集单元 | 4.1.3 模拟量采集功能 | 3.2.3 模拟量采集单元 |
| 4 | ZSBHTJDY-GN | 电机转速闭环调节单元 | 4.1.4电机转速闭环调节功能 | 3.2.4电机转速闭环调节单元 |
| 5 | ZQZJDY-GN | 周期自检单元 | 4.1.5 周期自检功能 | 3.2.5 周期自检单元 |
| 6 | ZBHTJ-GN | 自保护停机 | 4.1.6 自保护停机功能 | 3.2.6 自保护停机 |
| 7 | RSTXDY-GN | RS422通讯单元 | 4.1.7 RS422通讯功能 | 3.2.7 RS422通讯单元 |
| 8 | YXQTKZ-GN | 硬线起停控制功能 | 4.1.8 硬线起停控制功能 | 3.2.8 硬线起停控制 |
| 11 | SDCSHSJ-XN | 上电初始化时间 | 4.1.1上电初始化功能 | 3.2.1上电初始化 |
| 12 | DJZS-XN | 电机转速 | 4.2性能1） | 3.4性能1） |
| 13 | CXYXZYSJ-XN | 程序运行占用时间 | 4.2性能3） | 3.4性能2） |
| 14 | DJQDSJ-XN | 电机起动时间 | 4.2性能2） | 3.2.4.5性能3） |
| 15 | DSQZDZQ-XN | 定时器中断周期 | 4.2性能3） | 3.4性能2） |
| 16 | CKTXSFZQ-XN | 串口通讯收发周期 | 4.2性能3） | 3.4性能2） |
| 17 | SDZJDYZJ-XN | 上电自检单元自检时间 | 4.1.2上电自检功能 | 3.2.2上电自检单元 |
| 18 | SDHKZZQ-XN | 速度环控制周期 | 4.1.4 电机转速闭环调节功能 | 3.2.4 电机转速闭环调节单元 |
| 19 | CJCSJD-XN | 采集参数精度 | 4.5.1模拟信号采集 | 3.3.1模拟信号采集接口 |
| 20 | MNXHCJ-JK | 模拟信号采集接口 | 4.5.1 模拟信号采集 | 3.3.1 模拟信号采集接口 |
| 21 | PWMXHSC-JK | PWM信号输出 | 4.5.6 PWM信号输出 | 3.3.5 PWM信号输出 |
| 22 | RSCK-JK | RS422串口 | 4.5.3 RS422串口 | 3.3.3 RS422串口 |
| 23 | YXQTKZ-JK | 硬线起停控制接口 | 4.5.2 硬线起停控制 | 3.3.2 硬线起停控制 |
| 24 | E2PROMDX-JK | E2PROM读写接口 | 4.5.5 XQ\_JK\_0002 E2PROM读写 | 3.3.4 E2PROM读写 |
| 25 | CXCCKJ-YL | 程序存储空间 | 4.2性能3） | 3.4性能2） |
| 26 | CXCCKJ-YL | 程序存储空间 | 4.2性能3） | 3.4性能2） |
| 27 | QDCS-QD | 强度测试 | -- | -- |
| 28 | KZZL-AQ | 控制指令 | 4.7.2安全性 | 3.8安全性需求1） |
| 29 | KMG-AQ | 看门狗 | -- | 3.8安全性需求5） |
| 30 | CJCS-BJ | 采集参数边界 | 4.5.1模拟信号采集 | 3.3.1模拟信号采集接口 |
| 31 | ZKBZ-BJ | 占空比值边界 | 4.5.6 PWM信号输出 | 3.3.5 PWM信号输出 |

## 结果评价准则

### 软件需求符合性

从以下几方面评价软件需求符合性：

1. 软件是否实现了研制总要求、系统规格说明中规定的全部软件需求；
2. 软件是否实现了软件需求规格说明中规定的全部需求；

### 软件指标符合性

从以下方面评价软件指标符合性：

软件是否实现了研制总要求及试验总案中规定的全部软件相关战术技术指标。

### 软件质量评价

从以下几方面评价软件质量：

1. 软件编码质量是否满足要求。用代码的质量度量元统计度量编码质量。通常包括：
2. 软件总注释率不小于20%；
3. 模块的平均规模不大于200行；
4. 模块的平均圈复杂度不大于10；
5. 模块的平均扇出数不大于7；
6. 统计软件首轮测试缺陷率及每轮回归测试缺陷率。
7. 软件文档种类是否齐套、内容是否完整、描述是否准确、格式是否规范及文档是否文文一致、文实相符。

## 测试通过准则

软件鉴定测试通过准则如下：

1. 软件文档齐套，内容完整，描述准确，文文一致、文实一致；
2. 软件正确实现了所规定软件功能、性能、接口、安全性等需求；
3. 软件满足规定的战术技术指标，符合作战试验要求；
4. 测试中发现的软件问题（缺陷）均已进行合适处理，并通过了回归测试。

# 测试度量数据及采集要求

本次软件测试需采集的度量数据及采集要求见表12。

1. 测试度量数据及采集要求

| 序号 | 需采集度量数据 | 采集要求 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 软件功能点数度量 | 针对需求文档中定义的需求唯一标识进行采集。 |
| 2 | 程序模块数度量 | 针对设计文档中定义的程序模块以及源程序进行采集。 |
| 3 | 测试项度量 | 针对测试大纲中定义的测试项唯一标识进行采集。 |
| 4 | 软件代码行度量 | 针对代码统计工具统计的软件总行数、有效行、总注释率及平均模块规模进行采集。 |
| 5 | 软件平均圈复杂度度量 | 针对静态分析工具统计的软件平均圈复杂度进行采集。 |
| 6 | 软件平均扇出数度量 | 针对静态分析工具统计的软件平均扇出数进行采集。 |
| 7 | 软件问题数度量 | 针对发现的各类、各级问题数进行采集。 |

# 测试暂停、恢复与中止

出现下列情况之一，测试机构应及时提出暂停鉴定测试工作的申请：

1. 测试过程中存在重大安全保密隐患；
2. 被测软件存在重大技术问题，影响测试工作继续开展；
3. 被测软件主要的战术技术指标达不到规定的要求；
4. 研制单位不能在规定时限内解决软件问题（缺陷），或大部分问题（缺陷）无法达成共识。

经任务委托方批准后，软件测试工作可暂停。当导致暂停的问题已解决，并经软件测试总体单位（如有）、军事代表机构等相关方确认，且获得批准后可重新启动测试工作；如问题无法得到解决，获得批准后可中止软件测试工作。

# 测试组织及任务分工

测试项目组由项目负责人、测试人员等岗位组成，组成及职责分工见表13。

1. 测试项目组组成及职责分工

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 人员 | 岗位 | 职责 |
| 1 | 唐春茂 | 项目负责人 | 测试项目总体负责 |
| 2 | 李盛 | 测试技术主管 | 负责项目测试技术保障 |
| 3 | 李盛 | 测试人员 | 负责液冷动力组件控制器软件配置项测试 |
| 4 | 陈广国 | 配置管理员 | 负责建立、管理和维护测试配置管理数据库 |
| 5 | 苏现美 | 质量监督员 | 负责测试质量管理 |
| 6 | 曾庆军 | 研制单位 | 液冷动力组件控制软件测试技术保障 |

# 测试保障

## 配置管理

在测试项目的整个生存周期内应对配置项进行有效管理，配置项通常包括测试依据（软件测试工作计划、合同、任务书及其他等效文件）、被测软件（各测试轮次的软件源/可执行程序、软件文档、基础数据等）、测试工作产品（测试文档、测试数据、自研测试程序或工具、评审记录等）和软件测试所需的各种软硬件资源。配置管理要求如下：

编制并评审配置管理计划，按照配置管理计划开展配置管理工作；

建立配置管理库，对配置项进行标识，并控制其更改和发布；

规定受控的配置项，并规定其出入配置管理库要求；

建立基线，基线的状态和内容应通知到各相关人员；

应进行配置审核并将结果通知到相关人员。

## 质量保证

应对测试过程及工作产品开展质量保证活动。质量保证要求如下：

制定并评审质量保证计划，按照质量保证计划开展质量保证工作；

质量保证人员应客观地验证工作产品及其活动遵循所用标准、规程和需求的情况；

质量保证人员应将质量保证活动的时机、结果通知到相关人员；

领导层应负责处理在测试项目组内无法解决的问题。

# 测试安全与保密

为确保软件测试成功，需制定安全与保密相关措施。主要包括：

针对测试中可能出现的特殊情况，组织制定特情处置预案，当特情发生后严格按特情处置预案进行处置，并及时上报，严谨瞒报、漏报等现象出现；

保障测试过程安全，不发生安全事故；

保障测试过程保密，不发生失泄密事件；

# 需求的可追踪性

## 软件需求规格与软件配置项测试说明的追踪

表15 软件需求规格与软件配置项测试计划的追踪

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 软件需求规格 | | 配置项测试说明 | |
| 章节 | 需求规格 | 章节 | 测试说明 |
| 3.2.1 | 上电初始化（XQ1） | 5.3.1.1.1 | 上电初始化 |
| 3.2.2 | 上电自检单元（XQ2） | 5.3.1.1.2 | 上电自检单元 |
| 3.2.3 | 模拟量采集单元（XQ3） | 5.3.1.1.3 | 模拟量采集单元 |
| 3.2.4 | 电机转速闭环调节单元（XQ4） | 5.3.1.1.4 | 电机转速闭环调节单元 |
| 3.2.5 | 周期自检单元（XQ5） | 5.3.1.1.5 | 周期自检单元 |
| 3.2.6 | 自保护停机/降额运行单元（XQ6） | 5.3.1.1.6 | 自保护停机 |
| 3.2.7 | RS422通讯单元（XQ7） | 5.3.1.1.7 | RS422通讯单元 |
| 3.2.8 | 硬线起停单元（XQ8） | 5.3.1.1.8 | 硬线起停控制 |
| 3.2.9 | 数据存储单元（XQ9） | 5.3.1.1.9 | 数据存储单元 |
| 3.4 | 性能 | 5.3.1.2.1 | 上电初始化时间 |
| 5.3.1.2.2 | 电机转速 |
| 5.3.1.2.3 | 程序运行占用时间 |
| 5.3.1.2.4 | 电机起动时间 |
| 5.3.1.2.5 | 定时器中断周期 |
| 5.3.1.2.6 | 串口通讯收发周期 |
| 5.3.1.2.7 | 上电自检单元自检时间 |
| 5.3.1.2.8 | 采集数据精度 |
| 3.3.1 | 模拟信号采集接口 | 5.3.1.3.1 | 模拟信号采集接口 |
| 3.3.2 | 硬线起停控制 | 5.3.1.3.4 | 硬线起停控制接口 |
| 3.3.3 | RS422串口 | 5.3.1.3.3 | RS422串口 |
| 3.3.5 | E2PROM读写 | 5.3.1.3.5 | E2PROM读写 |
| 3.3.6 | PWM信号输出 | 5.3.1.3.2 | PWM接口测试 |
| 3.13 | 设计和实现约束 | 5.3.1.4.1 | 程序运行空间 |
| 5.3.1.4.2 | 程序存储空间 |
| / | / | 5.3.1.5.1 | 采集参数边界 |
| 5.3.1.5.2 | 占空比值边界 |
| / | / | 5.3.1.6 | 强度测试 |
| 3.20 | 失效风险分析 | 5.3.1.7.1 | 控制指令 |
| 5.3.1.7.2 | 看门狗 |

## 软件配置项测试说明与软件需求规格的追踪

表16 软件配置项测试计划与软件需求规格的追踪

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 配置项测试说明 | | 软件需求规格 | |
| 章节 | 测试说明 | 章节 | 需求规格 |
| 5.3.1.1.1 | 上电初始化 | 3.2.1 | 上电初始化（XQ1） |
| 5.3.1.1.2 | 上电自检单元 | 3.2.2 | 上电自检单元（XQ2） |
| 5.3.1.1.3 | 模拟量采集单元 | 3.2.3 | 模拟量采集单元（XQ3） |
| 5.3.1.1.4 | 电机转速闭环调节单元 | 3.2.4 | 电机转速闭环调节单元（XQ4） |
| 5.3.1.1.5 | 周期自检单元 | 3.2.5 | 周期自检单元（XQ5） |
| 5.3.1.1.6 | 自保护停机 | 3.2.6 | 自保护停机/降额运行单元（XQ6） |
| 5.3.1.1.7 | RS422通讯单元 | 3.2.7 | RS422通讯单元（XQ7） |
| 5.3.1.1.8 | 硬线起停控制 | 3.2.8 | 硬线起停单元（XQ8） |
| 5.3.1.1.9 | 数据存储单元 | 3.2.9 | 数据存储单元（XQ9） |
| 5.3.1.2.1 | 上电初始化时间 | 3.4 | 性能 |
| 5.3.1.2.2 | 电机转速 |
| 5.3.1.2.3 | 程序运行占用时间 |
| 5.3.1.2.4 | 电机起动时间 |
| 5.3.1.2.5 | 定时器中断周期 |
| 5.3.1.2.6 | 串口通讯收发周期 |
| 5.3.1.2.7 | 上电自检单元自检时间 |
| 5.3.1.2.8 | 采集数据精度 |
| 5.3.1.3.1 | 模拟信号采集接口 | 3.3.1 | 模拟信号采集接口 |
| 5.3.1.3.4 | 硬线起停控制接口 | 3.3.2 | 硬线起停控制 |
| 5.3.1.3.3 | RS422串口 | 3.3.3 | RS422串口 |
| 5.3.1.3.5 | E2PROM读写 | 3.3.5 | E2PROM读写 |
| 5.3.1.3.2 | PWM接口测试 | 3.3.6 | PWM信号输出 |
| 5.3.1.4.1 | 程序运行空间 | 3.13 | 设计和实现约束 |
| 5.3.1.4.2 | 程序存储空间 |
| 5.3.1.5.1 | 采集参数边界 | / | / |
| 5.3.1.5.2 | 占空比值边界 |  |  |
| 5.3.1.6 | 强度测试 | / | / |
| 5.3.1.7.1 | 控制指令 | 3.20 | 失效风险分析 |
| 5.3.1.7.2 | 看门狗 |

# 注释

无。

# 附件

附件1术语和缩略语。

附件1术语和缩略语

|  |  |
| --- | --- |
| CSCI | 计算机软件配置项 |
| J/CYL-37液冷动力组件控制软件 | 液冷动力组件控制器软件 |
| 上位机 | 模拟机上RIU |
| BIT | 系统内建检测功能 |