目录

[1.1 系统启动管理 4](#_Toc475702905)

[1.2输入信号处理 5](#_Toc475702906)

[1.3 输出信号管理 10](#_Toc475702907)

[1.4故障诊断与处理管理 11](#_Toc475702908)

[1.5控制规律管理 18](#_Toc475702909)

[1.6 通讯管理 38](#_Toc475702910)

[1.7 机内测试管理 47](#_Toc475702911)

* 1. 系统启动管理
  2. 输出信号管理
     1. 模拟量输出
     2. 开关量输出（周期变量）
     3. 硬件初始化
     4. 数据初始化
     5. 上电自检测
     6. 快速启动需求
     7. 模式管理（下条））
  3. 输入信号处理
     1. 连续量输入信号处理
        1. 连续量输入信号处理流程
           1. BIT诊断
           2. 标定转换
           3. 有效性判断
           4. 极值诊断
           5. 斜率诊断
           6. 信号补偿/滤波
           7. 信号表决
        2. PLA信号
           1. 同上
        3. T12信号
           1. 同上+信号重构
        4. T25信号
        5. T3信号
        6. EGT1-EGT4信号
        7. Thptc信号
        8. Tcj信号
        9. Tfuel信号
        10. 。。。。
        11. Wf 信号（共33个信号量）
     2. 开关量输入信号管理
        1. SWI01发动机位置1
           1. 消抖处理
           2. 信号表决
        2. SWI02发动机位置2
        3. SWI03燃油控制开关
        4. SWI04 起动开关
        5. SWI05备用模式开关
        6. SWI06冷运转/油封/启封开关
        7. SWI07预留开关
        8. SWI08反推控制器闭锁信号
        9. SWI09反推滑轨闭锁信号
        10. SWI10作动筒闭锁信号
        11. SWI11起动空气阀状态信号
        12. SWI12模式开关选择1
        13. 。。。备用开关输入6 （共24个）
     3. 二次信号
  4. 故障诊断与处理管理
     1. 发动机故障诊断与处理
     2. 控制系统故障诊断预处理
     3. 通道选择
     4. 告警要求
  5. 控制规律管理
     1. 起动/点火控制
        1. 起动/点火控制状态
           1. 地面起动状态判断
           2. 空中起动状态判断
           3. 连续点火状态判断
        2. 地面起动控制
           1. 冷运转控制
           2. 油封/启封控制
           3. 正常地面起动控制
        3. 空中启动控制
        4. 连续点火控制
           1. 地面
           2. 空中
     2. 停车控制
        1. 正常停车控制
        2. 紧急停车控制
     3. 推力管理
        1. 推力状态划分
        2. 慢车推力管理
           1. 地面慢车
           2. 空中慢车
           3. 进场慢车
           4. 反推慢车
        3. 慢车以上推力管理
     4. 加减速控制
        1. 加速
           1. 判断加速状态，对加速燃油进行限制
        2. 减速
     5. 参数限制
     6. 燃油计算
     7. 增压级后可调放气活门位置控制
     8. 高压压气机可调静子叶片角度控制
     9. 高压压气机后瞬态放气活门位置控制
     10. 燃油计量控制
     11. 燃油分配控制
     12. 电源切换
  6. 通讯管理
     1. 与飞机系统的通讯
     2. 与EMU通讯
     3. 与地面维护设备通讯
        1. EEC上电10循环周期后，控制软件应将下表中的数据上传到地面监控计算机中。（编号，名称，含义？）
     4. 与反推系统通讯
     5. 控制器双通道间通讯
  7. 机内测试管理
     1. 结算器信号处理电路BIT
     2. …
  8. 数据管理

### 1.1 系统启动管理

R-5949 上电后0.6s（暂定）内，控制软件应禁止输出开关量、模拟量及通讯数据

#### 1.1.1 硬件初始化

R-5951上电后0.6s（暂定）内，控制软件应建立与外部设备的RS422通讯

R-5952上电后0.6s（暂定）内，控制软件应建立与外部设备的ARINC429通讯

R-5953上电后0.6s（暂定）内，控制软件应建立与外部设备的ARINC664通讯

R-5954上电后0.6s（暂定）内，控制软件应完成对所有芯片的初始化

R-5955上电后0.6s（暂定）内，控制软件应完成对WATCH DOG的设定，时间设定值为25ms（暂定）

R-5956上电后0.6s（暂定）内，控制软件应进入前台运行，启动实时任务

R-5957 控制软件应保证发动机控制任务能够以整数个T为周期运行，T=20ms，N=1,2,3…

#### 1.1.2 数据初始化

R-5959上电后0.6s（暂定）内，控制软件应完成对所有数据的初始化

R-5960 使用存储在FLASH中的数据之前，控制软件应对flash数据进行需要的空间与ram空间的对比校验、id校验、数据单调性校验、曲线范围校验、若任何一个校验有问题，则置flash为故障

R-5961 若flash故障，控制软件应使用默认数据代替flsh中的存储的数据

R-5962 若flash故障，控制软件应通过数据总线告知飞行员

#### 1.1.3 上电自检测

R-5964 控制软件应对CPU进行自检测.

R-5965 控制软件应对RAM进行自检测

R-5966控制软件应对flash进行自检测

R-5967控制软件应对看门狗进行自检测

R-5968控制软件应对定时器进行自检测

R-5969控制软件应对模拟量输入设备进行自检测

R-5970控制软件应对开关量输入设备进行自检测

R-5971控制软件应对频率量输入设备进行自检测

R-5972控制软件应对相位差采集设备进行自检测

R-5973控制软件应对开关量输出设备进行自检测

R-5974控制软件应对模拟量输出设备进行自检测

R-5975控制软件应对ARINC664通讯口进行自检测

R-5976控制软件应对RS422通讯口进行自检测

R-5977控制软件应对RS429通讯口子进行自检测

R-5978控制软件应对CCDL设备进行自检测

#### 1.1.4 快速启动需求

R-5980 上电时，控制软件应对系统当前状态进行判断，当满足N2》=20%（暂定），置快速启动标志。

R-5981 当快速启动标志有效时，控制软件应执行硬件初始化、数据初始化。

#### 1.1.5 模式选择

控制软件具备两种工作模式

1. Cont-3248 运行模式：上电默认工作模式，完成发动机全部控制功能；
2. Cont-3249 维护模式：在接收到系统维护指令时进入，完成地面维护等功能。R-84同时满足下列条件时，控制软件应判定为运行模式：
3. Cont-3250 无快速启动标志；
4. Cont-3251轮载信号有效（地面状态）；
5. Cont-3252 PLA处于慢车域；
6. Cont-3253 N2<5%；
7. Cont-3254 模式选择开关的状态为“运行模式”

R-85 如果存在快速启动标志，控制软件应判定为运行模式

R-86 同时满则下列条件时，控制应判定为维护模式：

1. Cont-3255 轮载信号有效（地面状态）；
2. Cont-3256 PLA处于慢车域；
3. Cont-3258 N2<5%；
4. Cont-3257 模式选择开关的状态为“维护模式”

模式选择开关由模式选择开关I（SWI12）和模式选择开关（SWI13）组成。

1. Cont-3260 当SWI12=0，SWI13=0时，则模式选择开关状态为“运行模式”（暂定）；
2. Cont-3261 当SWI12=1，SWI13=1时，则模式选择开关状态为“维护模式”（暂定）；

### 1.2输入信号处理

输入信号处理对传感器采集到的源氏信号和飞机总线信号进行处理，消除信号干扰、补偿信号动静态误差，判断输入信号有效性，判断并隔离传感器/执行器件故障，对多路信号进行选择，以获取后续控制逻辑/算法直接可用的信号量值及有效性信息。

#### 常用传感器信号量汇总

1. 低压转子转速传感器（N1）
2. 高压转子转速传感器（N2）
3. 起动机转速传感器（Nq）
4. 风扇进口总温传感器(T12)
5. 高压压气机进口总温传感器（T25）
6. 高压压气机出口总温传感器（T3）
7. 排气温度传感器(EGT)
8. 高压涡轮机匣温度传感器（Tcase）
9. 环境静压传感器(P0)
10. 高压压气机进口总压传感器（P25）
11. 高压压气机出口静压传感器（Ps3）
12. 高压压气机末级引气总压传感器（P3b）
13. 燃油流量传感器（Wf）
14. 燃油温度传感器（Tfuel）
15. 滑油主供油路温度压力传感器（PToil.1）
16. 滑油主回油路温度传感器（Toil.2）
17. 滑油主供油路主油滤压差传感器（△Poil.1）
18. 滑油油箱位传感器（Loil）

#### 1.2.1连续量输入信号处理

连续量输入信号处理的目的是对输入的模拟量、频率量等连续新红进行标定转换、有效性判断、滤波、表决、信号重构等处理，以获取可用的输入信号及其故障信息。

##### 1.2.1.1连续量处理流程

连续量输入信号通用处理流程见下图

B传感器信号

BIT诊断

标定转换

极值/斜率诊断

补偿/滤波

信号表决

信号重构

B通道

A传感器信号

BIT诊断

标定转换

极值/斜率诊断

补偿/滤波

信号表决

信号重构

A通道

飞机总线信号

飞机总线信号

###### 1.2.1.1.1 BIT诊断

BIT诊断实现对模拟量、频率量等电路的上电或周期性故障检测，输入信号处理部分接收BIT诊断结果，作为信号有效性判断的输入之一，根据诊断结果进行故障定位与处理，BIT诊断具体实现参见3.2.7“机内测试管理”

###### 1.2.1.1.2 标定转换

标定转换将FPGA采集到的信号根据试验整定的曲线或分度表转换为相应的工程值。

###### 1.2.1.1.3 有效性判断

有效性判断包括极值诊断和斜率诊断，并根据极值诊断、斜率诊断和BIT诊断结果判定信号的有效性。

###### 1.2.1.1.4 极值诊断

如果Signal.MeanData>Signal.MaxLimit或者Signal.MeanData<Signal.MinLimit,并且持续N(ms),则判定该信号极值故障；

若Signal.MinLimit<Signal.MeanData<Signal.MaxLimit，并且持续N（ms），则清除该信号极值故障标志。

###### 1.2.1.1.5 斜率诊断

如果|Signal.MeanData-Signal.MeanData\_1|>Signal.SlopeLimit,并且持续N(ms)，则判定该信号斜率故障；

其中，Signal.MeanData代表某信号的工程值，Signal.MeanData\_1代表该信号前一周期工程值；Signal.SlopeLimit代表该信号的斜率判故阈值；

如果|Signal.MeanData-Signal.MeanData\_1|<=Signal.SlopeLimit,并且持续N(ms)，则清除该信号斜率故障；

###### 1.2.1.1.6 信号补偿/滤波

惯性滤波是一种常见的低通滤波方法，可用于滤除传感器等向控制系统引入的高频噪声或扰动，其差分方程为：

[Cont-3579]

y(kT)=u(kT),k=0;

y(kT)=A\*u(kT)+(1-A)\*y(kT-T),k>0

[Cont-3582]其中A为滤波系数，0<A<1,T为采样周期，y(kT)表示当前滤波后的值，u(kT)和y(kT-T)分别表示当前滤波的前值和上一时刻滤波后的值。

超前补偿公式为:

其中，Y(k)为当前补偿值，y（k-1）为超前补偿前值，x（k）为当前未补偿温度值，x(k-1)为未补偿温度前值。

###### 1.2.1.1.7 信号表决

信号表决的目的是针对不同信号类型，根据信号有效性信息，将本通道数据、对方通道数据、总线数据、模型数据进行表决选择，得到表决后的信号有效值以及信号有效性信息。

##### 1.2.1.2 PLA信号

PLA信号处理的目的是获取可用的PLA信号及其故障信息，控制软件应对PLA信号进行以下处理：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标识符 | 信号名称 | 数值/单位 | 属性 |
| PLA\_BIT | 油门杆角度BIT故障标志 | 正常故障 | 输入 |
| PLA.sin | 油门杆角度sin原始值 | V | 输入 |
| PLA.cos | 油门杆角度cos原始值 | V | 输入 |
| PLA\_Processed | 油门杆角度有效值 | 。 | 输出 |
| PLA\_ValidFlag | 油门杆角度故障标志 | 正常故障 | 输出 |

###### 1.2.1.2.1 数据采集

控制软件按表“连续信号处理过程相关参数表”中的采集周期要求采集PLA信号PLA.sin和PLA.Cos。

###### 1.2.1.2.2 BIT诊断

[R-2600] 控制软件应对PLA.sin，PLA.cos进行BIT诊断，诊断方法见3.2.18，若故障，指示PLA信号BIT故障。

[R-2601] 控制软件应允许清除PLA信号的BIT故障标识，清除的条件为判定PLA信号的BIT无故障，即PLA激励断线故障标志、PLA.sin断线故障标志及PLA.cos断线故障标志均无效。

###### 1.2.1.2.3 标定转换

[R-2602]控制软件根据解算器的转换规则（规则待定），将PLA.SIN和PLA.COS转换为PLA采集原始值PLA\_Original。

[R-2603]控制软件应根据PLA标定曲线将PLA\_Original转换为物理量PLA\_CLB，单位为°。

[R-2882]PLA标定曲线由试验整定，应设置为可调参数。

###### 1.2.1.2.4 有效性判断

[R-2607]控制软件应该3.2.2.1.1.3.1节方法对PLA\_CLB进行极值故障诊断，极值故障的诊断条件见表” 连续信号处理过程相关参数表“。

[R-2604] 控制软件应允许清除PLA信号的极值故障标识，清除的条件为判定PLA信号的极值无故障。

[R-2605]控制软件应按3.2.2.1.1.3.2节方法对PLA\_CLB进行斜率故障诊断，斜率故障的诊断条件见表“连续信号处理过程相关参数表“。斜率判定初始值为第一个无故障运行周期输出值，斜率判定工作应在第一个无故障运行周期后开始。

[R-2606] 控制软件应允许清除PLA信号的斜率故障标识，清除的条件为判定PLA信号的无斜率故障。

[R-2608] 当PLA信号处于极值故障或斜率故障确认周期（即故障建立过程中）内，控制软件应输出上一周期滤波后有效值（若为第一个采样周期，则输出上电初始值）

[R-2610] 如果判定PLA信号故障，控制软件应将PLA本处理周期输出信号值保持为前一个周期滤波后有效值。

[R-2634] 如果判定PLA信号故障，控制软件应将PLA本处理周期输出信号值保持为前一个周期滤波后有效值。

[R-2635] 控制软件应允许清除PLA信号对应的传感器故障标志PLA\_ValidFlag，清除的条件为判定PLA信号的无极值故障，无斜率故障且无BIT故障。

###### 1.2.1.2.5 信号补偿/滤波

[R-2637] 控制软件应在第一个PLA传感器无故障的运行周期，将有效性判断后的标定值。

[R-2741] 控制软件应从第二个PLA传感器无故障的运行周期开始，对PLA径有效性判断后的标定信号值进行惯性滤波，算法详见3.2.2.1.1.4惯性滤波系数A见表“连续信号处理过程相关参数表“；，滤波后输出值为PLA\_Processed。

###### 1.2.1.2.5 信号表决

[R-5540]如果CCDL通讯正常，双通道信号均有效且信号差值绝对值小于等于通道偏差阈值，控制软件应输出两信号平均值为表决后信号有效值，同时设置信号状态正常。

[R-5541] 如果CCDL通讯正常，双通道信号均有效且信号差值绝对值大于通道偏差阈值,控制软件应输出两信号较大值（或较小值，见表）为表决后信号有效值，同时设置信号状态正常。

[R-5542] 如果CCDL通讯正常，仅单通道信号有效，控制软件应输出有效通道信号值为表决后信号有效值，同时设置信号状态正常。

[R-5543] 如果CCDL通讯故障，本通道信号有效，控制软件应输出本通道信号值为表决后信号有效值，同时设置信号状态正常。

[R-5544] 如果CCDL通讯正常，双通道信号均故障，控制软件应输出故障前有效值为表决后信号有效值，同时设置输出信号故障。

[R-5545] 如果CCDL通讯故障，本通道信号故障，控制软件应输出故障前有效值为表决后信号有效值，同时设置信号状态故障。

### 1.3 输出信号管理

输出信号功能主要是输出计算的结果到指定的模拟量输出端口和开关量输出端口，其中模拟量输出端口包括Ifmv、Ivsv、Ivbv、Itbv4、Itbv10、Ihptacc、Iacoc、Ifsv、Ibak共9路模拟量，用于控制用的开关输出端口有13路开关量。

#### 1.3.1 模拟量输出处理

R-2201控制软件应以5ms为周期输出模拟量

R-2205 控制软件应根据计算的结果，输出模拟量信号，模拟量输出表见“CSCI接口需求”中“模拟量输出接口表”。

#### 1.3.2 开关量输出处理

R-2202 控制软件应以5ms为周期输出开关量

R-2206 控制软件应根据计算的结果，输出开关信号，开关量输出表见“CSCI接口需求”中“开关量输出接口标识”。

R-5273 控制软件应根据计算的结果，按“CSCI接口需求”中“电液伺服阀使能接口”表输出电液伺服阀使能信号。

R-5275 控制软件应根据计算的结果，按“CSCI接口需求”中“频率量和相位差信号BIT检测使能输出接口”表输出频率量和相位差信号BIT检测使能信号。

### 1.4故障诊断与处理管理

控制软件根据获取的数据分别对发动机和控制系统进行故障诊断与处理，以保证发动机的安全运行，并按照相应结果完成通道选择功能和告警功能。

#### 1.4.1.发动机故障诊断与处理

[R-5944]若控制软件检测到N1大于或等于4087rpm且持续100ms，则判断为“N1超速故障”。

[R-6177]若控制软件判断为“N1超速故障”，应采用“TBV10至安全位置策略”和“强制转为慢车策略”：其中，“强制转为慢车策略”指按照紧急减速规律控制发动机转为慢车状态，并维持慢车20s；维持慢车状态的20s时间内，油门杆角度对推力的控制失效，待此时间结束后，恢复油门杆对推力的控制；“TBV10”指保持TBV10电液伺服阀控制电流为0mA。

[R-5945]若控制软件检测到N2大于或等于17778rpm且持续100ms，则判断为“N2超转故障”。

[R-6178] 若控制软件判断为“N2超转故障”，应采用“TBV10”和“强制转为慢车策略”。

[R-1872]慢车或慢车以上状态时，若控制软件检测到EGT大于或等于1200K且持续100ms，应判断为“EGT超温故障”

[R-6179]慢车以上状态时，弱判断发动机为“EGT超温故障”，应采用“TBV10”和“强制转为慢车策略”

[R-6180]慢车状态时，若判断为“EGT超温故障”，应采用“停车策略”（该策略指控制发动机进入紧急停车状态）。

[R-6181]若控制软件检测到Ps3大于或等于390kPa且持续100ms，应判断为“Ps3超压故障”

[R-6182]弱控制软件判断为“Ps3超压故障”，应采用“TBV10”和“强制转为慢车策略”

#### 1.4.2.控制系统故障诊断与处理

##### 1.4.2.1传感器信号故障诊断与处理

[R-1881]控制软件应根据传感器信号的有效性判断结果，对相应传感器信号进行故障诊断：

1. [Cont-6229]若信号有效性判断结果为故障且信号重构无效，则判断相应传感器信号为故障；
2. [Cont-6228]若以下任一条件满足，则判断相应传感器信号为无故障：

1）[Cont-6227]信号有效性判断为故障且信号重构有效；

2）[Cont-6226]信号有效性判断为无故障。

[R-1882]当传感器信号被判断为故障时，控制软件应采用相应传感器信号的故障处理策略。具体的传感器信号故障处理策略如下表所示。

|  |  |
| --- | --- |
| 故障名称 | 故障处理策略 |
| N1信号故障 | 1. 地面起动状态：终止起动3策略； 2. 其他状态：停车策略。 |
| N2信号故障 | 1. 地面起动状态：终止起动3策略；   2）其他状态：停车策略。 |
| EGT信号故障 | 1. 地面起动状态：终止起动3策略；   2）慢车以上状态：强制转为慢车策略（采用紧急减速控制规律，下同）。 |
| PLA信号故障 | 1. 地面起动状态：终止起动4策略； 2. 其它状态：强制转为慢车策略。 |
| 起动空气阀状态信号故障 | 地面起动状态：终止起动4策略 |
| 信号故障 | 1）地面起动状态：终止起动3策略；  2）其他状态：停车策略。 |
| 信号故障 | 控制VSV至安全位置策略（置VSV电液伺服阀控制电流为0mA） |
| …… | …… |

[cont-6183]

注:

1. 地面起动状态包括冷运转状态、油封/启封状态、地面正常起动状态；
2. 终止起动策略3见地面起动故障诊断与处理中终止起动策略表。
3. 发动机停车故障策略指发动机进入紧急停车状态。
4. 强制转为慢车策略，指按照紧急减速规律控制发动机转为慢车状态，并维持慢车状态20S；维持慢车状态的20S时间内，油门杆角度对推力的控制失效，待此时间结束后，恢复油门杆对推力的控制。

##### 1.4.2.2伺服回炉故障诊断与处理

控制软件通过对比执行机构的实测位置和由执行机构数学模型计算得到的模型计算位置，判断回炉的工作情况，从而对相应回炉进行故障诊断。

执行机构数学模型暂定为。下图为伺服回路故障诊断原理图。

故障结果

故障阈值

位置计算

校正算法

DA

电液伺服阀

计量活门

AD

LVDT

执行机构模型

比较器

**执行机构小闭环回路**

位置反馈

-

-

###### 1.4.2.2.1 燃油计量回路

[R-1887]当FMV位置传感器信号未发生故障，且以下条件均满足时，则判断为“燃油计量回路故障”：

a)[Cont-5316] 当前通道为主控通道；

b) [Cont-5318] ;

c) [Cont-5317] ;

d) [Cont-5315] 上述诊断判据持续0.2s有效。

[R-5314]控制软件判断为“燃油计量回路故障”后，该故障不可恢复。

[R-1888] 当控制软件判断为“燃油计量回路故障”时，应采用“终止起动3策略”和“停车策略”。

###### 1.4.2.2.2 VSV控制回路

[R-1888]当VBV活门位置传感器信号未发生故障，且以下条件均满足时，则判断为“VBV控制回路故障”：

a)[Cont-5328] 当前通道为主控通道；

b) [Cont-5327] ;

c) [Cont-5326] ;

d) [Cont-5325] 上述诊断判据持续0.5s有效。

[R-5324]控制软件判断为“VBV控制回路故障”后，该故障不可恢复。

[R-1893] 当控制软件判断为“VBV控制回路故障”时，应采用“终止起动3策略”和“停车策略”。

##### 1.4.2.3起动故障诊断与处理

在地面起动过程中，控制软件需进行一下故障的诊断：起动失速故障、主燃油滤堵塞故障、起动超温故障、点火失败故障、起动悬挂故障、起动机未正常脱开故障、滑油压力低故障、风扇转子锁定故障、起动空气阀失效故障。

[R-1898]若满足以下任一条件，则判断为”起动失速故障”：

[Cont-6225]当EGT>650K时，且持续5s

[Cont-6224]当时，且持续15s

[R-6184]若检测到主燃油滤堵塞信号为1且持续100ms，则判断为“主燃油滤堵塞故障”。

[R-1901]若EGT>1000K且持续100ms，则判断为“起动超温故障”。

[R-1903]开始供油后15s内，当EGT温度相对点火初始时刻的EGT温度，增大服毒大于或等于55K且持续100ms，控制软件应判断为点火成功；开始供油后15s时，若未判断为点火成功，则判断为“点火失败故障”。

[R-1902]点火成功后，若且持续100s，则判断为“起动悬挂故障”。

[R-1909]*当转速超过67%（）时，*若满足且持续100ms，则判断为“起动机未正常脱开故障”。

[R-1904] 当转速超过50%（）时，若滑油供油压力低于0.1MPa且持续100ms，则判断为“滑油压力低故障”。

[R-1905] 当转速超过65%（）时，若转速低于10%（=356rpm）且持续100ms，则判断为“风扇转子锁定故障”

[R-6185]若满足以下任一条件，则判断为“起动空气阀失效故障”

1. [Cont-6223]当起动空气阀驱动信号为1（高电平）时，起动空气阀状态信号为0或起动机转速，并持续3s；
2. [Cont-6222] 当起动空气阀驱动信号为0时，起动空气阀状态信号为1或起动机转速，并持续3s；

[R-1914]当控制软件判断为以上任一起动故障时，应采用相应的终止起动策略，具体策略如下表所示。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 故障类型 | 终止起动策略 | 起动空气阀控制 | 点火激励器控制 | 燃油流量控制 |
| 主燃油滤堵塞故障 | 终止起动1策略 | 置启动空气阀信号为0（低电平），退出地面起动状态 | 置点火激励器1和点火激励器2的驱动信号为0 | 置供油量期望值为0 |
| 风扇转子锁定故障 |
| 起动机未正常脱开故障 |
| 起动空气阀失效故障 |
| 起动超温故障 | 终止起动2策略 | 待起动机持续工作达到60S时，置启动空气阀驱动信号为0；待EGT<393K时，退出地面起动状态 | 置点火激励器1和点火激励器2的驱动信号为0 | 置供油量期望值为0 |
| 滑油压力低故障 | 终止起动3策略 | 待起动机持续工作达到60S时，置启动空气阀驱动信号为0，退出地面起动状态 | 置点火激励器1和点火激励器2的驱动信号为0 | 置供油量期望值为0 |
| 起动失速故障 | 终止起动4策略 | 待起动机持续工作达到60S时，置启动空气阀驱动信号为0，退出地面起动状态 | 待起动机持续工作达到60S时，若仍处于地面起动状态，置点火激励器1和点火激励器2的驱动信号为0 | 待起动机持续工作达到60S时，若仍处于地面起动状态，置供油量期望值为0 |
| 点火失败故障 |
| 起动悬挂故障 |

[Cont-6186]注：

1. 当存在一个以上地面起动故障时，地面起动故障处理逻辑仅输出一类终止起动策略；终止起动策略输出的优先级由高至低的顺序为：终止起动1策略、终止起动2策略、终止起动3策略、终止起动4策略；
2. 若地面起动故障处理逻辑输出终止起动1策略且控制软件判断存在起动超温故障，控制软件应待EGT<393K时，退出地面起动状态。

#### 1.4.3通道选择

控制软件应基于通道故障状态对A、B通道进行选择。

控制软件应在上电时和运行中分别进行通道选择。

##### 1.4.3.1通道故障状态评估

控制软件应对双通道故障状态进行评估，并给出通道选择策略。

##### 1.4.3.2通道输出故障

通道输出故障诊断由EEC机内测试功能完成。

通道输出故障包括控制电流输出故障和控制开关量输出故障。

|  |  |
| --- | --- |
| 分类 | 名称 |
| 控制电流输出故障 | 燃油计量电液伺服阀控制电流输出故障 |
| 燃油分配电液伺服阀控制电流输出故障 |
| ………………省略5个 |
| 控制开关量输出故障 | 油门杆反推解锁电磁阀控制信号输出故障 |
| 反推控制器供电开关信号输出故障 |
| 起动空气阀电磁阀控制信号输出故障 |
| …………省略8个 |

##### 1.4.3.3通道其他故障

除通道输出故障以外的通道其他故障由通道故障状态值表示。

[R-5436]通道故障状态值的计算方法如下：

a）[Cont-6221]依据EEC机内测试功能和故障诊断功能输出的故障标志，分别判断故障权值表示各故障是否发生；

b) [Cont-6220]若故障权值表中的故障发生，控制软件应将所有已发生故障对应的权值进行累加，计算获得当前通道的故障状态值（若EEC存在多个模块自检故障，需分别加权累加，计入当前通道的故障状态值）

c)[Cont-6219]若故障权值表中的故障均未发生，控制软件应置当前通道的故障状态值为0.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 故障类型 | 权值 |
| 1 | EEC模块自检故障（其中，EEC模块包括：CPU、RAM、Flash、A/D、D/A、Timer、Watchdog） | 512 |
| 2 | 燃油计算控制回路故障 | 256 |
| 3 | VSV控制回路故障 | 128 |
| 4 | VBV控制回路故障 | 64 |

表1 故障权值表

##### 1.4.3.4上电通道选择

[R-1973]EEC上电阶段通道选择的策略为：

1. [Cont-1974]对于双通道，若通道输出故障的数目不同，控制软件应选择通道输出故障数目少的通道作为主控通道；
2. [Cont-1974]对于双通道，若通道输出故障的数目相同，控制软件应分别将EEC模块自检故障（见故障权值表，由上电机内测试获得）的故障模块数目作为相应通道故障状态值：
   * + - 1. 若两个通道的故障状态值不同，控制软件应选择通道输出故障数目少的通道作为主控通道；
         2. [Cont-1976] 若两个通道的故障状态值相同，且上一次系统上电期间N2转速曾超过70%，控制软件应选择原备份通道作为主控通道；
         3. [Cont-1977] 若两个通道的故障状态值相同，且上一次系统上电期间N2转速未曾超过70%，控制软件应选择原主控通道作为主控通道；

##### 1.4.3.5运行中通道选择

[R-1979]EEC运行中通道选择的策略为：

1. [Cont-6001]对于双通道，若两个通道的故障状态值不同，控制软件应选择通道输出故障数目少的通道作为主控通道；
2. [Cont-1980] 对于双通道，若通道输出故障的数目相同，控制软件应分别计算通道的故障状态值，选择故障状态值小的通道作为主控通道；若通道故障状态值也相同，控制软件应维持原主控通道作为主控通道。

#### 1.4.4告警要求

[R-1994]根据飞机指令和故障诊断结果，控制软件应向飞机发送相应的告警信息。具体警告信息见下表。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 告警消息 | 告警类型 | 告警条件 |
| 1 | 发动机故障 | 一类告警 | 判断为发动机故障（N1，N2超转故障、EGT超温故障、Ps3超压故障）（控制软件应对各故障分别进行告警，下同） |
| 2 | 传感器信号故障 | 二类告警 | 判断为传感器信号故障 |
| 3 | 伺服回路故障 | 二类告警 | 判断为伺服回路故障（燃油计量回路、VBV控制回路、VSV控制回路） |
| 4 | 电源切换故障 | 二类告警 | 判断为电源切换故障（共同供电切换故障、交流发电机单独供电切换故障） |
| 5 | 地面起动故障 | 二类告警 | 判断为地面起动故障（起动失速故障、起动超温故障、点火失败故障、起动悬挂故障、起动机未正常脱开故障、滑由压力低故障、风扇转子锁定故障、起动空气阀失效故障） |
| 6 | 滑由压力低故障 | 二类告警 | 慢车状态时，滑油压力小于0.1MPa且持续100ms；慢车以上状态时，滑油压力小于0.3MPa且持续100ms； |
| 7 | 滑由压力高故障 | 二类告警 | 慢车状态或慢车以上状态时，滑油供油温度大于65.6℃且滑油压力大于0.7MPa且持续100ms； |
| 8 | 滑油温度高 | 二类告警 | 滑油供油温度大于135℃或滑油回油温度大于173℃，并持续100ms |
| 9 | 主燃油滤堵塞 | 二类告警 | 主燃油滤堵塞信号为1且持续100ms |
| 10 | 燃油温度高 | 二类告警 | 燃油温度大于120℃且持续100ms |
| 11 | 信号超限 | 告警 | 二类告警（满足以下任一条件，并持续100ms）：  N1超限：当N1达到或超过3889rpm；  N2超限：当N2达到或超过16916rpm；  T3超限：当T3达到或超过890K；  EGT超限：当EGT达到或超过900K（起动过程）；  当EGT达到或超过1100K（其他过程）；  Ps3超限：当Ps3达到或超过3479kPa；  一类告警（满足以下任一条件，并持续100ms）：  N1超限：当N1达到或超过3968rpm；  N2超限：当N2达到或超过17261rpm；  T3超限：当T3达到或超过920K；  EGT超限：当EGT达到或超过1000K（起动过程）；  当EGT达到或超过1200K（其他过程）；  Ps3超限：当Ps3达到或超过3550kPa； |

表2 分集告警信息

[Cont-6187]注：一类告警的危险程度高于二类告警的危险程度。

### 1.5控制规律管理

#### 1.5.1起动/点火控制

起动控制是指燃油控制系统根据发动机的当前状态，按照一定的逻辑指令，控制发动机起动系统、点火系统以及进入燃烧室的燃油流量，使发动机加速到稳定慢车状态，同时对起动过程进行监视和保护。

##### 1.5.1.1 起动/点火状态判断

起动控制分为地面起动控制和空中起动控制，地面起动控制主要包括：冷运转控制、油封/启封控制、地面正常启动控制。空中起动控制主要包括：空中辅助起动控制、风车起动控制。

连续点火控制分为地面连续点火控制和空中连续点火控制。

###### 1.5.1.1.1 地面起动状态判断

[R-96]若轮载信号为1且2转速小于5%（N2小于751rpm），控制软件应判断发动机为待机状态；

[R-6188]若控制软件判断存在EEC自检故障或3.2.3故障诊断与处理管理中定义的任何故障，控制软件应采用“禁止起动策略”。

[R-5439]在待机状态下，若采用“禁止起动策略”，控制软件应禁止发动机进入冷运转、油封/启封或正常地面起动的任一状态。

[R-97]在待机状态下，若未采用“禁止起动策略”，控制软件应按下表选择地面起动状态。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地面起动状态 | 油门杆角度（控制前提条件） | 燃油控制开关（控制前提条件） | 冷运转/油封/启封状态开关（控制前提条件） | 环控系统开关信号（控制前提条件） | 机翼防冰开关信号（控制前提条件） | 起动/点火开关（控制触发条件） | | |
| NORM | START | CON |
| 冷运转 | 0~2 | 0（接通） | 1（接通） | 0 | 0 | 1变为0 | 0（断开）变为1（接通） | 0 |
| 油封/启封 | 0~2 | 1（断开） | 1（接通） | 0 | 0 | 1变为0 | 0（断开）变为1（接通） | 0 |
| 地面正常起动 | 0~2 | 1（断开） | 0（断开） | 0 | 0 | 1变为0 | 0（断开）变为1（接通） | 0 |

###### 1.5.1.1.2 空中起动状态判断

[R-130]若轮载信号为0，控制软件应判断发动机为空中状态。

[R-3102]在空中状态下，控制软件应按下表选择空中启动状态。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 空中起动状态 | 油门杆角度（控制前提条件） | 燃油控制开关（控制前提条件） | 冷运转/油封/启封状态开关（控制前提条件） | 环控系统开关信号（控制前提条件） | 机翼防冰开关信号（控制前提条件） | 起动/点火开关（控制触发条件） | | |
| NORM | START | CON |
| 空中辅助起动 | 0~2 | 0（接通）变为1（断开） | 0（断开） | 0 | 0 | 0 | 1（接通） | 0 |
| 风车启动 | 0~2 | 0（接通）变为1（断开） | 0（断开） | 0 | 0 | 1 | 0（断开） | 0 |

###### 1.5.1.1.3 连续点火状态判断

[R-6198]若采用“禁止起动策略”，控制软件应禁止发动机进入地面连续点火状态，控制软件应按下表选择空中连续点火状态。

[R-2652]若采用“禁止起动策略”，控制软件应按下表选择连续点火状态。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 连续点火状态 | 轮载信号（控制前提条件） | 起动/点火开关（控制触发条件） | | |
| NORM | START | CON |
| 地面连续点火 | 1 | 1变为0 | 0（断开） | 0变为1 |
| 空中连续点火 | 0 | 1变为0 | 0（断开） | 0变为1 |

##### 1.5.1.2 地面起动控制

###### 1.5.1.2.1冷运转控制

[R-157]进入冷运转状态时，控制软件应置起动空气阀驱动信号为1（高电平）；

进入冷运转状态是，控制软件应置供油期望值为0，并保持至退出冷运转状态。

[R-6191]进入冷运转状态时，控制软件应置点火激励器1和点火激励器2的驱动信号为0（低电平），并保持至退出冷运转状态。

[R-158]进入冷运转状态后，当起动/点火开关由“NORM位：0；START位：1（接通）；CON位：0”变为“NORM位：1；START位：0（断开）；CON位：0”时，控制软件应置起动空气阀驱动信号为0（低电平），退出冷运转状态。

[R-159]进入冷运转状态后，当火警开关由0变为1时，控制软件应置起动空气阀驱动信号为0（低电平），退出冷运转状态。

[R-6192]进入冷运转状态后，若收到终止起动策略，控制软件应按照3.2.3.2.4地面起动故障诊断与处理中的中的终止起动策略表进行处理。

[R-5418]进入冷运转状态后，若冷运转状态运行时间达60s时，控制软件应置起动空气阀驱动信号为0（低电平），退出冷运转状态。

###### 1.5.1.2.2 油封/启封状态

[ R-157]进入油封/启封状态时，控制软件应置起动空气阀驱动信号为1（高电平）；

[R-6193]进入油封/启封状态时，控制软件应置点火激励器1和点火激励器2的驱动信号为0（低电平），并保持至退出油封/启封状态。

[R-6194]进入油封/启封状态后，控制软件应按地面正常启动共有规律表设置供油期望值。

[R-6195]进入油封/启封状态后，当燃油控制开关由1（断开）变为0（接通）时，控制软件应置供油期望值为0；待油封/启封状态时间运行至60S时，控制软件应置起动空气阀驱动信号为0（低电平），退出油封/启封状态

[R-166]进入油封/启封状态后，当起动/点火开关由“NORM位：0；START位：1（接通）；CON位：0”变为“NORM位：1；START位：0（断开）；CON位：0”时，控制软件应置起动空气阀驱动信号为0（低电平），退出油封/启封状态。

[R-167]进入油封/启封状态后，当火警开关由0变为1时，控制软件应置起动空气阀驱动信号为0（低电平），并置供油期望值为0，退出油封/启封状态。

[R-6196]进入油封/启封后，若收到终止起动策略，控制软件应按照3.2.3.2.4地面起动故障诊断与处理中的中的终止起动策略表进行处理。

[R-165]进入油封/启封状态后，，若油封/启封状态运行时间达60s时，控制软件应置起动空气阀驱动信号为0（低电平），并置供油期望值为0，退出油封/启封状态。

###### 1.5.1.2.3 正常地面起动控制

[ R-172]进入地面正常起动状态时，控制软件应置起动空气阀驱动信号为1（高电平）；

[R-179]进入地面正常起动状态后，若上一次起动过程发生”起动失速故障”，当2R25转速达到22%（N2R25=3234rpm）时，控制软件应同时置点火激励器1和点火激励器2的驱动信号为1（高电平），且两个点火激励器的工作次数分别累加1次。

[R-181]进入地面正常起动后，若上一次起动过程未发生“起动失速故障”，当2R25转速达到22%（N2R25=3234rpm）时，若点火激励器1工作次数小于等于点火激励器2工作次数，控制软件应置点火激励器1的驱动信号为1（高电平），置点火激励器2的驱动信号为0（低电平），且点火激励器1的工作次数累加1次；若点火激励器2工作次数小于等于点火激励器1工作次数，控制软件应置点火激励器2的驱动信号为1（高电平），置点火激励器1的驱动信号为0（低电平），且点火激励器2的工作次数累加1次；

[R-6197] 当2R25转速达到25%（N2R25=3675rpm）时，燃油控制系统应按地面正常起动供油规律表设置供油期望值。

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2R25 | 0.25 | 0.27 | 0.34 | 0.41 | 0.48 | 0．50 |
| P0=101.325kPa |  | 0.2950 | 0.4270 | 0.7505 | 0.9546 | 1.0177 | 1.0331 |
| P0=53.811kPa |  | 0.2950 | 0.4270 | 0.7505 | 0.9546 | 1.0177 | 1.0331 |
|  | 2R25 | 0.54 | 0.61 | 0.695 | 0.75 | 0.76 |  |
| P0=101.325kPa |  | 1.0518 | 1.0615 | 1.0421 | 0.9749 | 0.9692 |  |
| P0=53.811kPa |  | 1.0518 | 1.0615 | 1.0421 | 0.9749 | 0.9692 |  |

[Cont.-6200]其中，;,。

[ R-2682]进入地面正常起动状态后，当2R25转速达到50%（N2R25=7351rpm）时，控制软件应分别置点火激励器1和点火激励器2的驱动信号为0（低电平）。

[ R-173]进入地面正常起动状态后，当2R25转速达到65%（N2R25=9764rpm）时，控制软件应置起动空气阀驱动信号为0（低电平）。

[R-6201]当2R25转速达到地面慢车稳态转速目标值A（见地面慢车调节计划）时，控制软件应判断起动成功，退出地面正常起动状态，进入地面慢车状态。

[R-6202]进入油封/启封状态后，当燃油控制开关由1（断开）变为0（接通）时，控制软件应置供油期望值为0，并置点火激励器1和点火激励器2的驱动信号为0（低电平）；待地面正常起动状态时间运行至60S时，控制软件应置起动空气阀驱动信号为0（低电平），若未采用终止起动2策略，则退出地面正常起动状态，若采用终止起动2策略，则不退出地面正常起动状态。

[R-174]进入地面正常起动状态后，当起动/点火开关由“NORM位：0；START位：1（接通）；CON位：0”变为“NORM位：1；START位：0（断开）；CON位：0”时，控制软件应置起动空气阀驱动信号为0（低电平），置供油期望值为0，并置点火激励器1和点火激励器2的驱动信号为0（低电平）。若未采用终止起动2策略，则退出地面正常起动状态，若采用终止起动2策略，则不退出地面正常起动状态。

[R-175]进入油封/启封状态后，当火警开关由0变为1时，控制软件应置起动空气阀驱动信号为0（低电平），并置供油期望值为0，并置点火激励器1和点火激励器2的驱动信号为0（低电平）。若未采用终止起动2策略，则退出地面正常起动状态，若采用终止起动2策略，则不退出地面正常起动状态。

[R-6203]进入地面正常起动状态后，若收到终止起动策略，控制软件应按照1.5.1.2.4地面起动故障诊断与处理中的中的终止起动策略表进行处理。

##### 1.5.1.3 空中起动控制（TBD）

##### 1.5.1.4 连续点火控制

###### 1.5.1.4.1地面连续点火控制

地面连续点火功能用于地面点火系统功能检查。

[R-6207]电子控制器上电初始化时，控制软件应分别置点火激励器检查标志位和点火激励器检查间隔标志位为0。

[R-6209]当轮载信号为1且点火激励器检查间隔标志位为0时，若起动/点火开关由“NORM位：1；START位：0（断开）；CON位：0”变为“NORM位：0；START位：0（断开）；CON位：1”时，则进入地面连续点火状态。

[R-6211]进入地面连续点火状态时，若点火激励器检查标志位为0，控制软件应置点火激励器1的驱动信号为1（高电平）（点火激励器2的驱动信号为0（低电平）），点火激励器1的工作次数累加1次，置点火激励器检查标志位为1；若点火激励器检查标志位为1，控制软件应置点火激励器2的驱动信号为1（高电平）（点火激励器1的驱动信号为0（低电平）），点火激励器2的工作次数累加1次，置点火激励器检查标志位为0。

[R-6210]进入地面连续点火状态后，若起动/点火开关由“NORM位：0；START位：0（断开）；CON位：1”变为“NORM位：1；START位：0（断开）；CON位：0”时，控制软件应置当前工作的点火激励器的驱动信号为0（低电平），退出地面连续点火状态。

[R-6208]进入地面连续点火状态后，地面连续点火状态持续时间达到5min（暂定）时，控制软件应置当前工作的点火激励器的驱动信号为0（低电平），退出地面连续点火状态。

[R-6212]退出地面连续点火状态时，控制软件应置点火激励器检查间隔标志位为1，并根据本次地面连续点火状态的持续时间t，确定退出当前地面连续点火状态的间隔时间：若t满足t<1min，则间隔时间应设置为5min;若t满足1min<t<=3min，则间隔时间应设置为30Min; 若t满足3min<t<=5min，则间隔时间应设置为60Min。待间隔时间结束，控制软件应置点火激励器检查间隔标志位0。

###### 1.5.1.4.2 空中连续点火控制

类似于地面连续点火控制。

#### 1.5.2 停车控制

##### 1.5.2.1 正常停车控制

[R-210]当发动机处于地面慢车状态时，燃油控制开关由1（断开）变为0（接通），控制软件应判断发动机进入正常停车状态。

[R-211]进入正常停车状态时，控制软件应同时置超转电磁阀高端输出信号和超转电磁阀低端输出信号为1（高电平）。

[R-212]进入正常停车状态后，待持续时间达到1s时，控制软件应置供油期望值为0。

[R-6217]若转速小于5%（N2小于751rpm）且持续100ms时，控制软件应判断发动机退出正常停车状态。

##### 1.5.2.2 紧急停车控制

[R-214]当满足以下任一条件时，控制软件应判断发动机进入紧急停车状态。

1. [Cont.-3267]发动机处于慢车以上或地面慢车以外的慢车状态时，燃油控制开关由1（断开）变为0（接通）。
2. [Cont.-3266]发动机处于任何状态下，火警开关由0变为1。
3. 采用“停车策略”。

[R-215]进入紧急停车状态时，控制软件应同时置超转电磁阀高端输出信号和超转电磁阀低端输出信号为1（高电平）。

[R-216]进入紧急停车状态时，控制软件应置供油期望值为0。

[R-6218] 若转速小于5%（N2小于751rpm）且持续100ms时，控制软件应判断发动机退出紧急停车状态。

#### 1.5.3 推力管理

##### 1.5.3.1 推力状态划分

[R-1564]控制软件应按下表进行发动机推力状态选择。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| PLA信号范围 | 解释 | 备注 |
| [-33,-31] | 最大反推(Mrs) |  |
| (-31,-6) | 反推 |  |
| [-6,-4] | 反推慢车 |  |
| [-4,0] | 预留 |  |
| [0,2] | 地面慢车 | 轮载信号=T |
| [0,2] | 空中慢车 | 轮载信号=F、进场标志=F |
| [0,2] | 进场慢车 | 轮载信号=F、进场标志=T |
| (2,59) | 巡航 |  |
| [59,61] | 最大巡航 |  |
| (61,64) | 爬升 |  |
| [64,66] | 最大爬升 | 爬升模式标志=MCL |
| [64,66] | 减推力爬升1 | 爬升模式标志=DCL1 |
| [64,66] | 减推力爬升2 | 爬升模式标志=DCL2 |
| (66,69) | 连续 |  |
| [69,71] | 最大连续 |  |
| (71,74) | 起飞 |  |
| [74,76] | 最大起飞 | 起飞标志模式=MTO |
| [74,76] | 减推力起飞1 | 起飞标志模式=DTO1 |
| [74,76] | 减推力起飞2 | 起飞标志模式=DTO2 |
| [74,76] | 复飞 | 起飞标志模式=GA |
| (76,81) | 最大起飞至最大 |  |
| [81,85] | 最大推力 |  |

[R-1659]若有故障处理策略“强制转为慢车”，PLA>=0时应强制选择正向慢车，PLA<0时应强制选择反推慢车。

##### 1.5.3.2 慢力推力管理

###### 1.5.3.2.1地面慢车

[R-1548]地面慢车状态下，控制软件应根据地面慢车调解计划（附录A）通过压力高度H和环境温度计算N2R25控制目标；环境温度高于拐点温度时取推力保持值，低于拐点温度时进行线性插值。

[R-1550]地面慢车状态下，N1R控制目标应为1044rpm。

###### 1.5.3.2.2 空中慢车

[R-1552]空中慢车状态下，空中慢车状态下，控制软件应根据地面慢车调解计划（附录B）通过压力高度H和环境温度和马赫数Ma（速度）计算N2R25控制目标；环境温度高于拐点温度时取推力保持值，低于拐点温度时进行线性插值。

[R-1554]空中慢车状态下，N1R控制目标应为1981rpm。

###### 1.5.3.2.3 进场慢车

类似空中慢车

###### 1.5.3.2.4 反推慢车

[R-1560]反推慢车状态下，N2R25控制目标应为11519rpm。

[R-1561]反推慢车状态下，N1R控制目标应为1981rpm。

##### 1.5.3.3 慢车以上推力管理

类似于慢车推力管理。

###### 1.5.3.3.1其他状态

[R-1540]PLA位于反推时，控制软件应分别计算反推慢车N1R控制目标和最大反推N1R控制目标，随后通过线性插值从PLA得到N1R控制目标。

[R-1541] PLA位于巡航时，控制软件应分别计算正向慢车N1R控制目标和最大巡航N1R控制目标，随后通过线性插值从PLA得到N1R控制目标。‘

[I-6415]正向慢车包括地面慢车、空中慢车、进场慢车，其具体状态根据[R-1564]中的“飞机信号”确定。

[R-1542]PLA位于爬升时，控制软件应分别计算最大巡航N1R控制目标和最大或减推力爬升N1R控制目标，随后通过线性插值从PLA得到N1R控制目标。

[I-6416]最大或减推力爬升包括最大爬升、减推力爬升1、减推力爬升2，其具体状态根据[R-1564]中的“飞机信号”确定。

[R-1543]PLA位于连续时，控制软件应分别计算最大或减推力爬升N1R控制目标和最大连续N1R控制目标，随后通过线性插值从PLA得到N1R控制目标。

[R-1544]PLA位于起飞时，控制软件应分别计算最大连续N1R控制目标和最大或减推力起飞N1R控制目标，随后通过线性插值从PLA得到N1R控制目标。

[I-6418]最大或减推力起飞包括最大起飞、减推力起飞1、减推力起飞2、复飞，其具体状态根据[R-1564]中的“飞机信号”确定。

[R-1545]PLA位于最大起飞至最大时，控制软件应分别计算最大或减推力起飞N1R控制目标和最大推力N1R控制目标，随后通过线性插值从PLA得到N1R控制目标。

#### 1.5.4 加减速控制

##### 1.5.4.1 加速控制

###### 1.5.4.1.1 加速过程判断

控制软件通过换算转速及控制目标，判断发动机是否处于加速过程。

[R-1710]发动机处于慢车或慢车以上时，控制软件应判断发动机是否处于加速过程：

[Cont.-1711] a) 若发动机不处于加速过程且满足，判定发动机进入加速过程，当失效时，改用备份判据。

[Cont.-1712] b) 若发动机处于加速过程且满足，判定发动机退出加速过程，当失效时，改用备份判据。

1.5.4.1.2 加速过程控制规律

[R-1714]发动机处于加速过程时，控制软件应按照高压转子加速率控制规律控制发动机进行加速。（有表）

[R-6237]发动机处于加速过程中时，控制软件应按喘振裕度对应的供油规律限制及T4温度限制对应的供油规律限制对加速燃油进行限制。

[R-6239]加速过程中根据喘振裕度供油限制如下表所示，可根据公式，换算燃油。

[Cont.-6238]CJ-1000AX验证机加速过程极限供油规律（喘振裕度限制）（有表）。

[Cont.-6241]加速过程按喘振裕度进行供油限制时，控制软件应根据高压压气机放气情况，按下表对喘振裕度供油规律进行修正。

[Cont.-6242]CJ-1000AX验证机加速过程极限供油规律修正（喘振裕度限制）（有表）。

[Cont.-6244]加速过程T4温度供油限制如下表所示，其中换算燃油，。

[Cont.-6245]CJ-1000AX验证机加速过程供油规律（T4限制）。（有表）

##### 1.5.4.2 减速控制

###### 1.5.4.2.1减速过程判断

控制软件通过换算转速及控制目标，判断发动机是否处于减速过程。

[R-1710]发动机处于慢车或慢车以上时，控制软件应判断发动机是否处于减速过程：

[Cont.-1711] a) 若发动机不处于减速过程且满足，判定发动机进入减速过程，当失效时，改用备份判据。

[Cont.-1712] b) 若发动机处于减速过程且满足，判定发动机退出加速过程，当失效时，改用备份判据。

[R-1767]控制软件应根据中断起飞(RTO)标志判断是否处于中断起飞过程。

进入紧急减速过程判据在”故障诊断与处理”部分定义。

###### 1.5.4.2.2 减速过程控制规律

和加速过程控制规律类似。

#### 1.5.5 参数限制

发动机在任何状态下以任何顺序和速率移动油门杆时，转速、压力和温度等参数不应超过限制值，不会引起燃烧室、风扇或压气机的不稳定工作。

[R-224]控制软件应限制最大低压转子物理转速，限制值是3968rpm（暂定）。

[R-225]控制软件应限制最大高压转子物理转速，限制值是17261rpm（暂定）。

[R-226] 控制软件应限制最大低压转子换算转速，限制值是4207rpm（暂定）。

[R-227] 控制软件应限制最大低压转子换算转速，限制值是15824rpm（暂定）。

[R-228]控制软件应限制最小高压转子物理转速，限制值是10272rpm（暂定）。

[R-229]控制软件应限制最小高压转子换算转速，限制值是11186rpm（暂定）。

[R-234]控制软件应限制高压压气机出口总温，限制值为920K。

[R-235]控制软件应限制最大高压压气机出口压力为，限制值为3550kPa。

[R-236]控制软件应限制最小高压压气机出口压力为，限制值为180kPa。

[R-6232]控制软件应限制最大高压转子加速率，限制值为1502rpm/s。

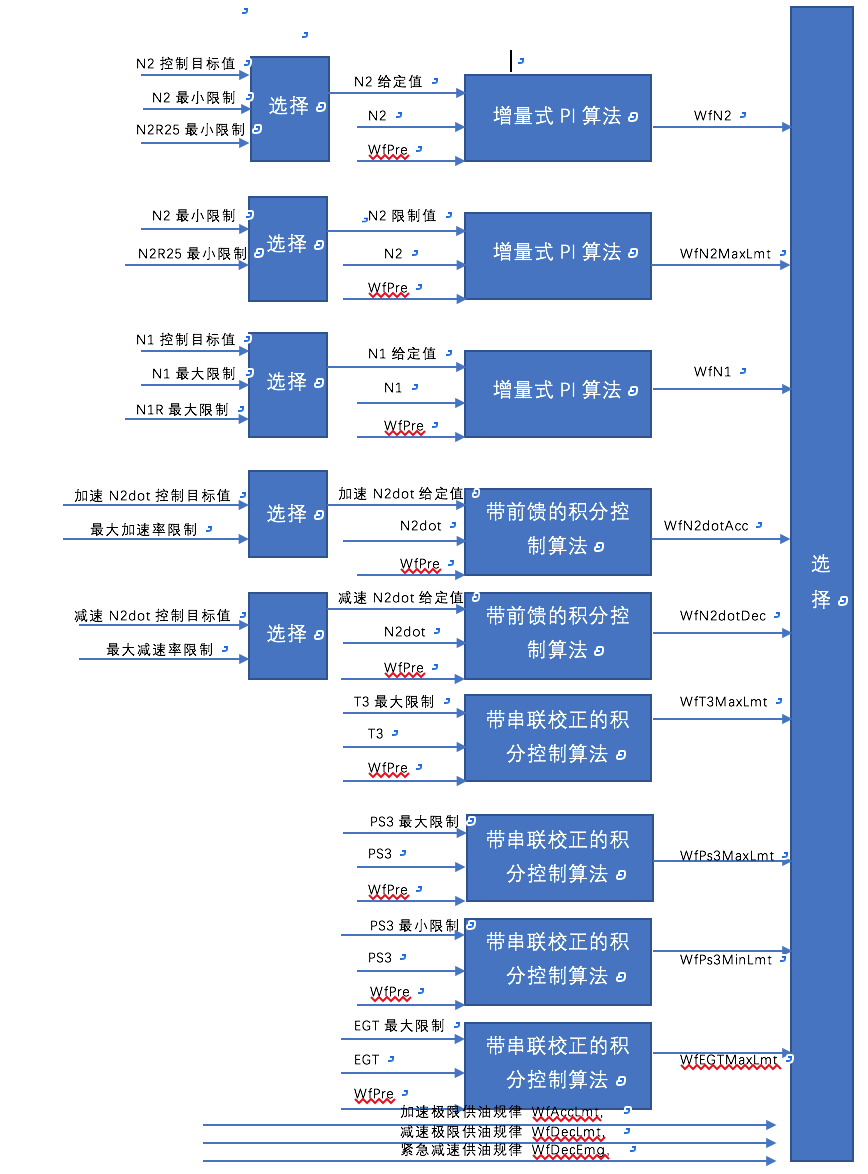
[R-6233]控制软件应限制最大高压转子减速率，限制值为369rpm/s。

[R-6234]控制软件应限制最高排气温度EGT，限制值为1100K。

[R-6235]控制软件应限制最小油气比，限制值为0.0575kg/h/kPa。

[R-6234]控制软件应限制最大油气比，限制值为1.3337kg/h/kPa。

#### 1.5.6 燃油选择

慢车及慢车以上状态供油期望值的计算方法如下图所示。

[R-6259]控制软件应根据推力管理功能的N2控制目标值，与参数限制功能的N2最小限制、N2R25最小限制进行高选，得到N2闭环控制燃油计算的N2给定值，具体算法如下：

N2Cmd表示N2给定值，N2Dem表示N2控制目标值，N2MinLmt表示N2最小限制，N2R25MinlMT表示N2R25最小限制。

[R-1770]控制软件应采用增量式PI算法计算N2闭环控制燃油WfN2，具体算法如下：

Kp表示比例系数，Ki表示积分系数，Ts等于0.02s；

StateN2Pre表示StateN2上一周期值，WfPre表示WfDem上一周期值（WfDem是燃油选择值），Wf2N2Pre表示WfN2上一周期值；

StateN2Pre初值为N2Cmd-N2，WfN2Pre初值为WfPre；

N2闭环控制参数Kp如下：

随N2R25转速变化的规律如下表所示

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N2R25 | 76% | 78% | 80% | 82% | 84% | 86% | 88% | 90% |
|  | 0.965 | 0.948 | 0.912 | 0.912 | 0.929 | 0.983 | 1.029 | 1.087 |
| N2R25 | 92% | 94% | 96% | 98% | 100% | 102% | 103% |  |
|  | 1.186 | 1.252 | 1.473 | 1.585 | 1.612 | 1.633 | 1.657 |  |

Kp随高度和马赫数修正系数K如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| MaH | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| -610 | 1.00 | 1.00 | 1.01 | 1.02 | 1.05 | 1.08 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.12 |
| 0 | 1.00 | 1.00 | 1.01 | 1.02 | 1.05 | 1.08 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.12 |
| 3000 | 0.93 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.96 | 0.97 | 1.00 | 1.02 | 1.02 | 1.02 |
| 6000 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.90 | 0.90 | 0.91 | 0.93 | 0.95 | 0.98 | 0.98 |
| 省略三行 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

N2闭环控制参数Ki如下：

Ki=K\*Ki（N2R25）

Ki（N2R25）随N1R转速变化的规律如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N2R25 | 76% | 78% | 80% | 82% | 84% | 86% | 88% | 90% |
| Ki（N2R25） | 0.203 | 0.232 | 0.302 | 0.650 | 0.714 | 1.158 | 1.343 | 1.507 |
| N2R25 | 92% | 94% | 96% | 98% | 100% | 102% | 103% |  |
| Ki（N2R25） | 1.894 | 2.160 | 2.441 | 2.868 | 2.917 | 2.869 | 3.031 |  |

Ki随高度和马赫数修正系数K如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| MaH | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| -610 | 1.00 | 1.01 | 1.04 | 1.09 | 1.17 | 1.27 | 1.42 | 1.42 | 1.42 | 1.42 |
| 0 | 1.00 | 1.01 | 1.04 | 1.09 | 1.17 | 1.27 | 1.2 | 1.42 | 1.42 | 1.42 |
| 3000 | 0.70 | 0.71 | 0.73 | 0.76 | 0.82 | 0.89 | 1.02 | 1.15 | 1.15 | 1.15 |
| 6000 | 0.48 | 0.48 | 0.50 | 0.53 | 0.56 | 0.61 | 0.68 | 0.79 | 0.90 | 1.02 |
| 省略三行 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

[R-6260]控制软件应根据推力管理功能的N1控制目标值，与参数限制功能的N1最大限制、N1R最大限制进行低选，得到N1闭环控制燃油计算的N1给定值，具体算法如下：

N1cmd=min（N1Dem，N1MaxLmt，N1RMaxLmt\*sqrt（T12/288.15））

N1Cmd表示N1给定值，N1Dem表示N1控制目标值，N1MaxLmt表示N1最大限制，N1RMaxLmt表示N1R最大限制。

[R-1771]控制软件应采用增量式PI算法计算N1闭环控制燃油WfN1，具体算法如下：

WfN1=（Kp+Ki\*Ts/2）\*(N1Cmd-N1)-(Kp-Ki\*Ts/2)\*StateN1Pre+WfPre

stateN1 = (N1Cmd-N1)+(WfPre-WfN1Pre)/(Kp+Ki\*Ts/2)

Kp(N1R)随N1R转速变化规律如下表所示：

（和上面的表格类似）

Kp随高度和马赫修正系数K如下表所示：

(和上面的表格类似)

[R-6261]控制软件应根据参数限制功能的N2最大限制、N2R25最大限制进行低选，得到N2最大限制燃油计算的N2限制值，具体算法如下：

N2Lmt= min（N2MaxLmt，N2R25MaxLmt\*sqrt(T25/288.15)）

[R-1774]控制软件应采用增量式PI算法计算N2最大限制燃油WfN2MaxLmt,具体算法如下：

Kp表示比例系数，Ki表示积分系数，Ts等于0.02s；

StateN2MaxLmtPre表示StateN2MaxLmt上一周期值，WfPre表示WfDem上一周期值（WfDem是燃油选择值）,WfN2MaxLmtPre表示WfN2MaxLmt上一周期值；

StateNMaxLmtPre初值为N2Lmt-N2，WfN2MaxLmtPre初值为WfPre;

N2最大限制燃油计算控制参数Kp,Ki与[R-1770]一致。

[R-6262]控制软件应根据加速控制功能的加速N2dot控制目标值、参数限制功能的N2dot最大加速率限制进行地选，得到加速控制燃油计算的N2dot给定值，具体算法如下：

N2dotAccCmd表示加速N2dot给定值，N2dotAccDem表示加速N2dot控制目标值，N2dotMaxLmt表示N2dot最大加速率限制。

[R-1772]控制软件应采用带前馈的积分控制算法计算加速N2dot控制燃油WfN2dotAcc，具体算法如下：

dWfN2dotAccPre和WfN2dotAccPre分别表示dWfN2dotAcc和WfN2dotActt上一周期值，WfPre表示WfDem上一周期值（WfDem是燃油选择值，见[R-6265]）

Ki表示积分系数，Ts等于0.02s；

表示加速N2dot控制前馈燃油；

初值为0，WfN2dotAccPre初值为WfPre；

加速N2dot燃油计算控制参数Ki根据N2R25线性插值得到，并按高度和马赫数进行修正，计算公式为：

Ki=K\*Ki(N2R25)

Ki(N2R25)随N2R25转速变化的规律如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N2R25 | 76% | 78% | 80% | 82% | 84% | 86% | 88% |
| KI | 3.02 | 3.02 | 3.02 | 3.02 | 3.02 | 3.08 | 3.21 |
| N2R25 | 90% | 92% | 94% | 96% | 98% | 100% | 102% |
| Ki | 3.38 | 3.49 | 3.65 | 3.85 | 4.13 | 4.41 | 4.67 |

K随高度和马赫数修正系数K如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| K Ma H | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| -610 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 3000 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 |
| 6000 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 |
| 9000 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 |
| 12000 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 |
| 12500 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 |

加速N2dot控制前馈燃油WfNdotAccSche计算公式为：

WfN2dotAccCor根据N2R25线性插值得到，如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N2R25 | 76% | 78% | 80% | 82% | 84% | 86% | 88% |
| WfN2dotAccCor | 0.8776 | 0.8919 | 0.8976 | 0.9365 | 0.9749 | 1.029 | 1.0259 |
| N2R25 | 90% | 92% | 94% | 96% | 98% | 100% | 102% |
| WfN2dotAccCor | 1.0253 | 1.0335 | 1.0586 | 1.0845 | 1.1156 | 1.1278 | 1.1734 |

[R-6263]控制软件应根据减速控制功能的减速N2dot控制目标值、参数限制功能的N2dot最小加速率限制进行高选，得到减速控制燃油计算的N2dot给定值，具体算法如下:

N2dotDecCmd表示减速N2dot给定值，N2dotDecDem表示减速N2dot控制目标值，N2dotMinLmt表示N2dot最小加速率限制。

[R-1773]控制软件应采用带前馈的积分控制算法计算减速N2dot控制燃油WfN2dotDec，具体：

dWfN2dotDecPre和WfN2dotDecPre分别表示dWfN2dotDec和WfN2dotDec上一周期值，WfPre表示WfDem上一周期值；

Ki表示积分系数，Ts等于0.02s；

WfN2dotDecSche表示减速Ndot控制前馈燃油；

dWfN2dotDecPre初值为0. WfN2dotDecPre初值为WfPre；

减速N2dot燃油计算控制参数Ki与[R-1772]一致；

减速N2dot控制前馈燃油WfN2dotDecSche计算公式为：

WfN2dotDecSche=WfN2dotDecCor\*Ps3\*(T25/288.15)^0.5

WfN2dotDecCor根据N2R25线性插值得到，如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N2R25 | 76% | 78% | 80% | 82% | 84% | 86% | 88% |
| WfN2dotDecCor | 0.4345 | 0.4382 | 0.4462 | 0.4777 | 0.5106 | 0.5458 | 0.5915 |
| N2R25 | 90% | 92% | 94% | 96% | 98% | 100% | 102% |
| WfN2dotDecCor | 0.6384 | 0.6875 | 0.7425 | 0.7968 | 0.8592 | 0.9199 | 0.9875 |

[R-1783]控制软件应采用带串联校正的积分控制算法计算T3最大限制燃油WfT3MaxLmt，具体算法如下：

(一个很长和上面类似的公式)

[R-1785]控制软件应采用带串联校正的积分控制算法计算Ps3最大限制燃油WfPs3MaxLmt，具体算法如下：

(一个很长和上面类似的公式)

（一个和上面很类似的表格）

[R-1786] 控制软件应采用带串联校正的积分控制算法计算Ps3最小限制燃油WfPs3MaxLmt，具体算法如下：

(一个很长和上面类似的公式)

（一个和上面很类似的表格）

[R-6264] 控制软件应采用带串联校正的积分控制算法计算EGT最大限制燃油WfEGTMaxLmt，具体算法如下：

(一个很长和上面类似的公式)

（一个和上面很类似的表格）

[R-6265]慢车及慢车以上状态时，控制软件应对以下各个燃油计算值进行选择，得到燃油选择值WfDem，用于燃油计量：

N2闭环控制燃油WfN2、N2最大限制燃油WfN2MaxLmt、N1闭环控制燃油WfN1、加速N2dot控制燃油WfN2dotAcc、减速N2dot控制燃油WfN2dotDec、T3最大限制燃油WfT3MaxLmt、EGT最大限制燃油WfEGTMaxLmt、Ps3最大限制燃油WfPs3MaxLmt、Ps3最小限制燃油WfPs3MinLmt、加速极限供油规律WfAccLmt、减速极限供油规律WfDecLmt、紧急减速供油规律WfDecEmg；

燃油选择过程应按以下步骤顺序执行：

1. 控制模式选择：根据发动机状态选择稳态燃油WfSteady，慢车状态WfSteady = WfN2，慢车以上状态WfSteady=WfN1；
2. 高选：WfHigh=max（WfSteady，WfN2dotDec,WfDecLmt,WfPs3MinLmt）
3. 低选：WfLow =min(WfHigh,WfN2MaxLmt ,WfN2dotAcc,WfAccLmt,WfT3MaxLmt,WfEGTMaxLmt,WfPs3MaxLmt);
4. 仅仅减速判断：判断紧急减速标志是否有效，无效WfSel=WfLow，有效Wfsel=WfDecEmg；
5. Wf/Ps3限制：WfLmt1=min(WfQPs3Max\*Ps3,max(WfQPs3Min\*Ps3,WfSel)),其中WfQPs3Max为1.3337kg/h/kPa，WfQPs3Min为0.0575kg/h/kPa;
6. Wf变化率限制：

,其中WfPre表示WfDem上一周期值，Ts等于0.02s，最大燃油流量变化率WfRateMax按下表通过WfPre线性插值得到：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 上一周期燃油流量kg/h | 11.1 | 57.5 | 131.4 | 219.2 | 436.5 | 709.2 | 1037 | 1421 |
| 最大燃油流量变化率kg/h/s | 2689 | 3183 | 3842 | 4501 | 5818 | 7136 | 8453 | 9771 |
| 上一周期燃油流量kg/h | 1860 | 2355 | 2905 | 3511 | 4172 | 4871 | 5602 |  |
| 最大燃油流量变化率kg/h/s | 11089 | 12406 | 13723 | 15041 | 16227 | 16981 | 17734 |  |

G)Wf限制：WfDem=min（WfMax，max（WfMin，WfLmt2）），其中WfMax为5000kg/h，WfMin为50kg/h；

慢车及慢车以上时，燃油选择逻辑如下图所示：

高选

低选

紧急减速判断

Wf/Ps3限制

Wf变化率限制

Wf限制

WfN2dotDec

WfDecSche

WfPs3MinLmtMinL

控制模式选择

发动机状态

WfN2

WfN1

WfSteady

紧急减速标志

WfDecEmg

WfHigh

WfN2MaxLmt

WfN2dotAcc

WfAccScho

WfT3MaxLmt

WfEGTMaxLmt

WfPs3MaxLmt

Ps3

WfSel

WfPrel

WfDem

WfLmt2

WfLmt1

#### 1.5.7增压级后可调放气活门位置控制

增压级后可调放气活门（以下简称VBV）开度控制是指燃油控制系统根据发动机状态，改变VBV的开度，以调整进入高压压气机的流量，改善风扇/增压级号高压压气机的流量匹配，增加过渡态增压级的喘振裕度。控制软件根据VBV控制目标和VBV位置反馈，通过控制算法计算电液伺服阀驱动信号，调节通往作动机构的伺服燃油流量，控制可调放气活门作移筒移动，使活门开度达到预期位置。

△

-

调节计划

控制算法

图 34 VBV控制原理图

控制软件根据发动不同工作状态，对VBV开度进行控制。

[R-5419]VBV控制期望值计算周期为20ms。

[R-5460]VBV伺服回路计算周期为5ms。

[R-6076]VBV控制规制规律应为：

1. [Cont-6077]在初始状态时，LVBV\_d=72(mm);
2. [Cont-6078]在初始状态时，LVBV\_d=72(mm);
3. [Cont-6079]在初始状态时，LVBV\_d=72(mm);
4. [Cont-6080]在初始状态时，LVBV\_d=f(N1R,P0),详见附录。

[R-4996]若有故障策略“控制VBV至安全位置”，控制软件应按故障对策控制=100%

[R-6081]VBV控制算法如下所示：

1. [Cont-6082]设计需求

[Cont-6093]控制软件应根据增压级后可调放气活门位置期望值与位置反馈值的差，通过控制算法得到电液伺服阀电流值为,作为VBV活门位置的控制量

1. [Cont-6083]算法设计

1）[Cont-6084]计算VBV位置期望值和VBV位置反馈值之间的误差e（k），并除以作动筒位移最大值对误差进行单位化；

2）[Cont-6085]取Kp=7.4,Ki=4.8，采样周期Ts=0.005，使用抗积分饱和PI控制算法，计算单位化的VBV电液伺服阀输出电流u（k）；

3）[Cont-6086]把以上输出结果乘以增益a，得VBV电液伺服阀输出电流IVBV

抗积分饱和PI控制算法示意图如下，计算公式为：

[Cont-6088]

其中，Sat[x]是指对信号x施加饱和环节，饱和环节的上限为1，下限为-1；k为第k个采样周期；e(k)为输入误差两；x(k)为饱和环节前输出控制量；u(k)为饱和环节后输出控制量（最终输出控制量）；为饱和环节前后的信号差值，e(0)=0,y(0)=0；VBV作动筒位移最大值为72mm；增益a取值为310。

#### 1.5.8高压压气机可调静子叶片角度控制

高压压气机可调静子叶片（以下简称VSV）角度控制是指燃油控制系统根据发动机状态，改变高压压气机静子叶片角度，以提高高压压气机效率，同时也可以增加过渡态高压压气机喘振裕度。控制软件根据VSV控制目标和VSV位置反馈，通过控制算法计算电液伺服阀驱动信号，调节通往作动机构的伺服燃油流量，控制可调静子叶片作动筒移动，使叶片角度达到期望位置。

△

-

调节计划

控制算法

控制软件根据发动不同工作状态，对VSV角度进行控制。

[R-5420]VSV控制期望值计算周期为20ms。

[R-281]VSV伺服回路计算周期为5ms。

[R-6094]VSV控制规制规律应为：

1. [Cont-6095]在初始状态时，LVSV\_d=65.00(mm);
2. [Cont-6096]在初始状态时，LVSV\_d=65.00 (mm);
3. [Cont-6097]在初始状态时，LVSV\_d=65.00 (mm);
4. [Cont-6098]加速过程时，应如下表所示:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0.60 | 0.70 | 0.80 | 0.90 | 1.00 |
| LVSV\_d(mm) | 65.00 | 63.90 | 59.78 | 36.16 | 2.87 |

1. [Cont-6101]在其它状态时，应如下表所示

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0.60 | 0.70 | 0.80 | 0.90 | 1.00 |
| LVSV\_d(mm) | 65.00 | 60.76 | 56.53 | 32.95 | 2.87 |

[R-6106]VSV控制算法如下所示：

1. [Cont-6107]设计需求

控制软件应根据增压级后可调放气活门位置期望值与位置反馈值的差，通过控制算法得到电液伺服阀电流值为,作为VSV位置的控制量

1. [Cont-6109]算法设计

1）[Cont-6110]计算VSV位置期望值和VSV位置反馈值之间的误差e（k），并除以作动筒位移最大值对误差进行单位化；

2）[Cont-6111]取Kp=6,Ki=4.9，采样周期Ts=0.005，使用抗积分饱和PI控制算法，计算单位化的VBV电液伺服阀输出电流u（k）；

3）[Cont-6112]把以上输出结果乘以增益a，得VSV电液伺服阀输出电流IVSV

其中 VSV作动筒位移最大值为65mm；增益a取值为310.

#### 1.5.9 高压压气机后瞬态放气活门位置控制

高压压气机后瞬态放气活门（以下简称TBV）位置控制是指燃油控制系统根据发动机状态，改变高压压气机后瞬态放气活门开度，以提高发动机启动和急加速过程中高压气机的喘振裕度。控制软件根据TBV控制目标和TBV位置反馈，通过控制算法计算电液伺服阀驱动信号，调节通往作动机构的伺服燃油流量，控制瞬态放气活门作动筒移动，使活门开度达到期望位置。

在验证机阶段，高压压气机的第4级和第10级各设有一个引气口，这两个引气口的放气阀开度均为独立、连续可调量，以试验和测试以下功能：飞机引气、瞬态放气、起动放气。

△

-

调节计划

控制算法

控制软件根据发动不同工作状态，对TBV开度进行控制。

[R-294]TBV控制期望值计算周期为20ms。

[R-5462]TBV伺服回路计算周期为5ms。

[R-6115]第四级TBV开度控制规制规律如下：

1. [Cont-6116]在初始状态时，LTBV\_d=35.5(mm);
2. [Cont-6117]在冷运转状态时，LTBV\_d=35.5 (mm);
3. [Cont-6118]在油封/启封状态时，LTBV\_d=35.5 (mm);
4. [Cont-6119]在正常停车状态时，LTBV\_d=35.5(mm);
5. [Cont-6120]在紧急停车状态时，LTBV\_d=35.5 (mm);
6. [Cont-6121]在地面正常起动后，当时，LTBV\_d=35.5 (mm); 当时，LTBV\_d=0 (mm).

[R-6122]第10级TBV开度控制规制规律如下：

1. [Cont-6123]在初始状态时，LTBV\_d=35.5(mm);
2. [Cont-6124]在冷运转状态时，LTBV\_d=35.5 (mm);
3. [Cont-6125]在油封/启封状态时，LTBV\_d=35.5 (mm);
4. [Cont-616]在正常停车状态时，LTBV\_d=35.5(mm);
5. [Cont-6127]在紧急停车状态时，LTBV\_d=35.5 (mm);
6. [Cont-6128]加速过程，当时，LTBV\_d=35.5 (mm); 当时，LTBV\_d=0 (mm).
7. [Cont-6129] 在地面正常起动后，当时，LTBV\_d=35.5 (mm); 当时，LTBV\_d=0 (mm).

[R-6130]4.10级TBV控制算法相同，如下所示：

a)[Cont-6131]设计需求

[Cont-6133]控制软件应根据TBV位置期望值LTBV\_d(4级与10级)与位置反馈值L\_TBV的差，通过控制算法得到电液伺服阀电流值为I\_VBV,作为TBV位置的控制量

[Cont-6134]算法设计

1）[Cont-6135]计算TBV位置期望值L\_(vsv\_d )和TBV位置反馈值之间的误差e（k），并除以作动筒位移最大值对误差进行单位化；

2）[Cont-6136]取Kp=6.2,Ki=4.65，采样周期Ts=0.005，使用抗积分饱和PI控制算法，计算单位化的TBV电液伺服阀输出电流u（k）；

3）[Cont-6132]把以上输出结果乘以增益a，得TBV电液伺服阀输出电流ITBV

其中 TBV作动筒位移最大值为35.5mm；增益a取值为310.

#### 1.5.10 燃油计量控制

燃油控制系统按照给定的燃油流量控制目标，连续计量供往发动机燃烧室的燃油流量。控制软件根据FMV控制目标和FMV位置反馈，通过控制算法计算电液伺服阀驱动信号，调节通往燃油计量活门两侧的伺服燃油流量，控制燃油计量活门移动，使活门开度达到期望位置。

△

-

调节计划

控制算法

控制软件根据发动机不同状态，对FMV开度进行控制。

[R-5464]FMV伺服回路计算周期应为5ms。

[R-306]控制软件应根据各个状态(含起动、停车及慢车或慢车以上状态)的燃油流量控制目标（表示），计算燃油计量活门期望位置，燃油流量与活门开度的对应关系为：

[Cont-307]当时，

[Cont-308] 当时，

)

[Cont-309] 当时，

)

[Cont-310] 当时，

)

[R-312]FMV控制算法如下所示：

1. [Cont-6137]设计需求

[Cont-6138]控制软件应根据燃油计量活门位置期望值与位置反馈值的差，通过控制算法得到电液伺服阀电流值为,作为FMV活门位置的控制量

1. [Cont-6109]算法设计

1）[Cont-6140]计算FMV位置期望值和FMV位置反馈值之间的误差e（k），并除以作动筒位移最大值对误差进行单位化；

2）[Cont-6141]取Kp=32,Ki=20，采样周期Ts=0.005，使用抗积分饱和PI控制算法，计算单位化的VBV电液伺服阀输出电流u（k）；

3）[Cont-6142]把以上输出结果乘以增益a，得VSV电液伺服阀输出电流IVSV

其中 VSV作动筒位移最大值为28.5mm；增益a取值为310.

#### 1.5.11 燃油分配控制

燃油控制系统在发动机不同状态下对进入燃烧室的燃油分配进行控制。燃烧室燃油分级方案暂定为单头部分两级（主燃级、预燃级）、主燃级周向分级的方案。通过燃油分配活门实现对主燃级、预燃级燃油的连续控制，主燃级燃油通过分级活门实现周向分级。控制软件根据燃油分配活门位置的控制目标和燃油分配活门的位置反馈，通过控制算法给出电液伺服阀驱动信号，形成对燃油分配活门位置的闭环控制。控制软件通过主燃级分级活门电磁阀驱动信号控制主燃级分级活门的开闭。

电磁阀驱动信号

△

-

调节计划

控制算法

控制逻辑

主燃级 分级活门

燃油 分配活门

[R-5222]燃油分配活门位置的调节计划为：

当或时，燃油分配活门期望值LFSV\_d=0（mm）

当或时，燃油分配活门期望值如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 2.00 | 3.10 | 3.13 | 3.22 | 3.78 | 4.08 | 4.41 | 4.65 |
| LFSV\_d | Mm | 0 | 0 | 5.057 | 5.057 | 6.437 | 6.437 | 7.356 | 7.356 |
|  |  | 4.72 | 5.07 | 5.25 | 5.29 | 6.15 | 6.16 | 6.32 |  |
| LFSV\_d | Mm | 7.540 | 7.540 | 7.724 | 7.908 | 7.908 | 8 | 8 |  |

[R-5465]FSV伺服回路计算周期应为5ms。

[R-320]FSV控制算法如下所示：

1. [Cont-6154]设计需求

[Cont-6155]控制软件应根据燃油计量活门位置期望值与位置反馈值的差，通过控制算法得到电液伺服阀电流值为,作为燃油分配活门位置的控制量

1. [Cont-6156]算法设计

1）[Cont-6157]计算FSV位置期望值和FSV位置反馈值之间的误差e（k），并除以作动筒位移最大值对误差进行单位化；

2）[Cont-6158]取Kp=6.3,Ki=9.25，采样周期Ts=0.005，使用抗积分饱和PI控制算法，计算单位化的VBV电液伺服阀输出电流u（k）；

3）[Cont-6159]把以上输出结果乘以增益a，得VSV电液伺服阀输出电流IVSV

其中 VSV作动筒位移最大值为28.5mm；增益a取值为310.

[R-321] 主燃级分级活门的调节计划如下：

[Cont-6161]当，

且时，输出低电平使主燃级分级活门关闭；

[Cont-6161]当，且

或，且 时，

输出高电平使主燃级分级活门打开；

其中，单位为kg/s，单位为kPa,单位为K。

#### 1.5.12 电源切换

燃油控制系统采用两种电源供电方式向控制器A、B通道供电：

1. 两路飞机28V直流电源；
2. 两路FADEC交流发电机电源，通过AC/DC模块转换为直流电源。

控制软件输出“N2 12.8%接入”和”N2 16%接入”开关量信号，由硬件实现电源切换逻辑。

[R-1845]当时，应输出“N2 12.8%接入”信号为真。

[R-1846]若有故障处理策略“取消电源切换策略”，应输出“N2 12.8%接入”信号为假。

[R-1847] 当时，应输出“N2 16%接入”信号为真。

[R-1848] 若有故障处理策略“取消电源切换策略”，应输出“N2 16%接入”信号为假。

### 1.6 通讯管理

通讯功能主要包括：采用ARINC664（ARINC664）与飞机通讯，获取飞行高度、飞行马赫数等飞行参数和控制命令，发送发动机相关参数至飞机；采用RS422余健康管理系统（EMU）、地面检测装置、监控及维护上位机通讯、将发动机关键参数发送至EMU、地面检测装置和上位机，实时监控发动机状态，并实现测试、维护和数据交互等任务；采用ARINC429与反推系统，接收反推系统的指令，同时将反推关键参数发送至反推系统；控制器两个通道之间采用串行通讯完成数据的交互。

#### 1.6.1 与飞机系统的通讯

控制软件与飞机系统的通讯采用ARINC664（AFDX）通讯方式，通讯接口定义见本文档“CSCI接口需求”中“与飞机的ARINC664通讯接口”

R-2207 控制软件应实现ARINC664初始化

R-2208 控制软件和飞机之间实现多速率通信，应根据数据通讯周期要求，能够按“大客发动机验证机初步设计阶段燃油控制、健康管理、启动和点火系统与飞机功能接口控制文件”中表“飞机到电子控制器的ARINC 664总线信号定义”接收飞机的数据报

R-5424 控制软件应允许接收飞机通讯的故障标志，清除的条件为可以正确接收到ARINC664的数据。

R-2541 控制软件应对接收到的数据进行校验，如果校验不通过，必须给出故障信息。

R-2542 控制软件根据ARINC664总线通讯协议，能够对接收到的数据包进行解析。

R-5423 控制软件应根据每个数据的通讯周期要求，“大客发动机验证机初步设计阶段燃油控制、健康管理、启动和点火系统与飞机功能接口控制文件”中表“电子控制器到飞机到ARINC 664总线信号定义”所列通讯数据组合本周期需要发送的ARINC664通讯数据包。

R-2211 控制软件应检测ARINC664自检测结果，如果连续三个通讯周期为故障状态，必须置告警标志有效，并发送给飞行员。

#### 1.6.2 与EMU通讯

R-1073 EEC与EMU通讯采用RS422通讯方式，通讯接口定义见本文档“CSCI接口需求”中“与EMU的RS422通讯接口”。

R-5427 EEC与EMU之间的通讯周期为20ms。

R-5425 EEC软件应实现与EMU之间RS422初始化

R-5428 控制软件应能接收到EMU发送的数据，具体通讯数据见文件“大客发动机验证机初步设计阶段燃油控制、健康管理、启动和点火系统与飞机功能接口控制文件”的“EMU到EEC的RS422通讯数据定义”。

R-5429 控制软件应对接收到的数据进行校验，如果校验不通过，必须给出故障信息。

R-5430控制软件根据与EMU的通讯协议，能够对接收到的数据包进行解析。

R-1074 控制软件应能够发送数据给EMU，具体通讯数据见文件“大客发动机验证机初步设计阶段燃油控制、健康管理、启动和点火系统与飞机功能接口控制文件”的“EEC到EMU的RS422通讯数据定义表”。

#### 1.6.3 与地面维护设备通讯

R-1076 EEC与地面维护设备的通讯采用RS422总线通讯，通讯接口定义参见本文档“CSCI接口需求”中“与地面检测装置的RS422通讯接口”。

R-5431 EEC软件实现与地面检测装置通讯之间RS422的初始化。

R-5432 控制软件与地面检测装置的通讯周期为100ms

R-5372当EEC处于正常初始化时，在EEC上电10个循环周期内，控制软件应该将下表所示的通讯协议组织数据包发送到监控上位机。

表34 上电时控制软件的上传数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Cont-5375 序号 | 符号 | 含义 | 数据类型 |
| 1 | DataHrad | 数据头 | INT16U |
| 2 | FrameId | 数据帧信息 | INT16U |
| 3 | DataLen | 数据长度 | INT16U |
| 4 | Version[10] | 控制软件版本信息 | INT16U |
| 5 | Seq verdion[10] | 数控系统、控制器、控制软件、数据版本等信息 | INT16U |
| 6 | Checksum | 校验和 | INT16U |
| 7 | DataEnd | 数据尾 | INT16U |

R-5313 EEC上电10个循环周期后，控制软件应将下表中的数据上传到地面监控计算机中。

表35 EEC发送至上位机的监控数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 符号 | 含义 | 数据类型 |
|  | Datahead | 数据头 | INT16U |
|  | FrameId | 数据帧信息 | INT16U |
|  | DataLen | 数据长度 | INT16U |
|  | SysT | Tick系统时钟计数器 | INT16U |
|  | Sysworkmode | 数控系统工作模式  0~3位——软件工作模式  4~5位——通道标志  6~7位——主控备份标识 | INT16U |
|  | Version | 控制软件版本信息 | INT16U |
|  | Csval[CS\_TOTAL\_CHAN] | 本通道连续信号表决值 | INT16S |
|  | Swi[SWI\_TOTAL\_WORDS] | 本通道开关量输入有效值 | INT16U |
|  | Swo[SWO\_TOTAL\_WORDS] | 本通道开关量输出 | INT16U |
|  | N2r | 高压转子转速N2换算至发动机进口转速 | INT16S |
|  | N1r | 抵押转子转速N1换算至发动机进口转速 | INT16S |
|  | N2r25 | 高压转子转速N2换算至高压进口转速 | INT16S |
|  | N2rdot | 高压转子换算转速N2r加速度 | INT16S |
|  | N2dot | 高压转子物理转速N2加速度 | INT16S |
|  | EGTForecast | EGT超前校正后温度 | INT16S |
|  | T3Forecast | 高压出口总温超前校正后温度 | INT16S |
|  | CtrlPLA | 控制油门杆信号 | INT16S |
|  | N2rCtrlDem | N2r控制给定 | INT16S |
|  | N2rLmtDem | N2r限制给定 | INT16S |
|  | N2CtrlDem | N2控制给定 | INT16S |
|  | N2LmtDem | N2限制给定 | INT16S |
|  | N1rCtrlDem | N1r控制给定 | INT16S |
|  | N1rLmtDem | N1r限制给定 | INT16S |
|  | N1CtrlDem | N1控制给定 | INT16S |
|  | N1LmtDem | N1限制给定 | INT16S |
|  | EGTLmtDem | EGT限制给定 | INT16S |
|  | Ps3LmtDem | Ps3限制给定 | INT16S |
|  | N2rCtrlWfm | N2r控制燃油 | INT16S |
|  | N2rLmtWfm | N2r限制燃油 | INT16S |
|  | N2CtrlWfm | N2控制燃油 | INT16S |
|  | N2LmtWfm | N2限制燃油 | INT16S |
|  | N1rCtrlWfm | N1r控制燃油 | INT16S |
|  | N1rLmtWfm | N1r限制燃油 | INT16S |
|  | N1CtrlWfm | N1控制燃油 | INT16S |
|  | N1LmtWfm | N1限制燃油 | INT16S |
|  | EGTLmtWfm | EGT限制燃油 | INT16S |
|  | Ps3LmtWfm | Ps3限制燃油 | INT16S |
|  | AccWfm | 加速燃油控制 | INT16S |
|  | DecWfm | 减速燃油控制 | INT16S |
|  | CtrlWfm | 最终控制燃油 | INT16S |
|  | WfmDem | 燃油控制给定 | INT16S |
|  | WfmLvdtDem | 燃油计量活门位置给定 | INT16S |
|  | WfmLvdtFdbk | 燃油计量活门位置反馈 | INT16S |
|  | WfmPreigDem | 预燃级燃油给定 | INT16S |
|  | WfmLfsvLvdtdem | 小闭环燃油分配活门位置给定 | INT16S |
|  | WfmLfsvLvdtFdbk | 小闭环燃油分配活门位置反馈 | INT16S |
|  | VsvDem | VSV控制给定 | INT16S |
|  | VsvLvdtDem | Vsv小闭环LVDT | INT16S |
|  | VsvLvdtFdbk | VSV小闭环LVDT | INT16S |
|  | VbvDem | VBV控制给定 | INT16S |
|  | VbvLvdtDem | VBV小闭环LVDT | INT16S |
|  | VbvLvdtFdbk | VBV小闭环LVDT | INT16S |
|  | Tbv4Dem | 高压第4级瞬态放气给定 | INT16S |
|  | Tbv4LvdtFdbk | 高压第4级瞬态放气活门位置给定 | INT16S |
|  | Tbv4LvdtFdbk | 高压第4级瞬态放气活门位置反馈 | INT16S |
|  | Tbv10Dem | 高压第4级瞬态放气 | INT16S |
|  | Tbv10LvdtDem | 高压第4级瞬态放气活门位置给定 | INT16S |
|  | Tbv10LvdtFdbk | 高压第4级瞬态放气活门位置反馈 | INT16S |
|  | HptaccDem | 高压涡轮主动间隙控制给定 | INT16S |
|  | HptaccLvdtDem | 高压涡轮主动间隙控制引气活门位置给定 | INT16S |
|  | HptaccLvdtFdbk | 高压涡轮主动间隙控制引气活门位置反馈 | INT16S |
|  | AcocDem | 热管理控制给定 | INT16S |
|  | AcocLvdtDem | 热管理控制活门位置给定 | INT16S |
|  | AcocLvdtFdbk | 热管理控制活门位置反馈 | INT16S |
|  | LtrDem | 左反推给定 | INT16U |
|  | LtrLvdtDem | 左反推作动筒Lvdt位置给定 | INT16U |
|  | LtrLvdtFdbk | 左反推作动筒Lvdt位置反馈 | INT16U |
|  | RtrDem | 右反推给定 | INT16U |
|  | RtrLvdtDem | 右反推作动筒Lvdt位置给定 | INT16U |
|  | RtrLvdtFdbk | 右反推作动筒Lvdt位置反馈 | INT16U |
|  | WfmVal | 燃油控制电磁阀电流 | INT16U |
|  | BAK1 | 备用1 | INT16U |
|  | FsvAoVal | 燃油分配电磁阀电流 | INT16U |
|  | VsvAoVal | VSV控制电磁阀电流 | INT16U |
|  | BAK2 | 备用2 | INT16U |
|  | VbvAoVal | VBV控制电磁阀电流 | INT16U |
|  | Tbv4AoVal | TBV4控制电磁阀电流 | INT16U |
|  | Tbv10AoVal | TBV10控制电磁阀电流 | INT16U |
|  | HptaccAoVal | 高压涡轮主动间隙控制电磁阀电流 | INT16U |
|  | AcocAoVal | 热管理控制电磁阀电流 | INT16U |
|  | WfmRosolverSin | 燃油计量活门解算器正弦值 | INT16U |
|  | WfmRosolverCos | 燃油计量活门解算器余弦值 | INT16U |
|  | PlaRosolverSin | 油门杆解算器正弦值 | INT16U |
|  | PlaRosolverCos | 油门杆解算器余弦值 | INT16U |
|  | CsselfsfswDisplay  [SFSW\_TOTAL\_WORDS] | 本通道传感器故障字 | INT16U |
|  | CsSyssfswDisplay  [SFSW\_TOTAL\_WORDS] | 系统传感器故障字 | INT16U |
|  | DisplaySysFault  [CSFW\_WORDS] | 系统故障字 | INT16U |
|  | DisplayFmmw  [FMMW\_WORDS] | 故障对策字 | INT16U |
|  | DisplayAlert  [ALERT\_WORDS] | 警告信息 | INT16U |
|  | Selfloophealth | 本通道健康状况 | INT16U |
|  | Partloophealth | 对方通道健康状况 | INT16U |
|  | Stateseg1 | 0~9位——真是发动机状态  10~11位——是否喘振  11~12——是否熄火  14~15——空中地面标识 | INT16U |
|  | Stateseg2 | 0~9——控制调度状态  10~15——启动前检查结果 | INT16U |
|  | Stateseg3 | 停车原因 | INT16U |
|  | Stateseg4 | 备份 | INT16U |
|  | SciT288sqrtroot | 标况海平面大气温度288k平方根 | INT16U |
|  | SciT12sqrtroot | 风扇进口总温T12平方根 | INT16U |
|  | SciT25sqrtroot | 高压压气机进口总温T25平方根 | INT16U |
|  | Csphyself[CS\_TOTAL\_CHAN] | 本通道传感器信号物理值 | INT16U |
|  | Selfswi[SWI\_TOTAL\_WORDS] | 本通道削抖后开入信号 | INT16U |
|  | PartSysTick | 对方通道系统时钟 | INT16U |
|  | Csphypart[CS\_TOTAL\_CHAN] | 对方通道传感器信号物理值 | INT16U |
|  | partswi[SWI\_TOTAL\_WORDS] | 对方通道削抖后开入信号 | INT16U |
|  | CurveErrno1 | Flash可调整参数曲线读取错误 | INT16U |
|  | CurveErrno2 | Flash可调整参数曲线读取错误 | INT16U |
|  | CurveErrno3 | Flash可调整参数曲线读取错误 | INT16U |
|  | CurveErrno4 | Flash可调整参数曲线读取错误 | INT16U |
|  | CurveErrno5 | Flash可调整参数曲线读取错误 | INT16U |
|  | CurveErrno6 | Flash可调整参数曲线读取错误 | INT16U |
|  | Sqlerrno1 | Flash可调整离散参数读取错误 | INT16U |
|  | chanId | 通道编号 | INT16U |
|  | Chanstate | 主控状态 | INT16U |
|  | SelfOsFrame | 本通道小帧计数值 | INT16U |
|  | PartOsFram | 对方通道小帧计数值 | INT16U |
|  | KIBItW[BSP\_SWI\_WORDS] | 开入bit检测字 | INT16U |
|  | KOBItW[BSP\_SWO\_WORDS] | 开出bit检测字 | INT16U |
|  | MainCtrlCnt | 本通道住控制次数 | INT16U |
|  | EIG1Cnt | 点火器1工作次数 | INT16U |
|  | EIG2Cnt | 点火器2工作次数 | INT16U |
|  | ElectrifyCnt | 控制器上电次数 | INT16U |
|  | EngineStartCnt | 发动机启动次数 | INT16U |
|  | Elect\_Total\_Sec | 控制器总上电.秒 | INT16U |
|  | Elect\_Total\_Hour | 控制器总上电.小时 | INT16U |
|  | AoBitTE[7] | BIT检测回采电流  IwfmTE  IwfmBAKTE  IvsvTE  IvsvBAKTE  IvbvTE  IfsvTE  Itvb4TE  Itvb10TE  IhptaccTE  IacocTE  IltrTE  IrtrTE | INT16U |
|  | OverSfsw[SFSW\_TOTAL\_WORDS] | 两通道传感器物理值超差信息 | INT16U |
|  | SelfARCFW | 本通道与飞机故障字 | INT16U |
|  | ARC\_H | 接收自飞机的飞行高度信号 | INT16U |
|  | ARC\_M | 接受自飞机的给些马赫数信号 | INT16U |
|  | ARC\_SWI[2] | 推力等级选择：最大起飞 | INT16U |
| 推力等级选择：增推力起飞 |
| 推力等级选择：减推力起飞 |
| 推力等级选择：复飞  推力等级选择：最大连 |
| 推力等级选择：最大连续 |
| 推力等级选择：最大爬升 |
| 推力等级选择：减推力爬升 |
| 推力等级选择：最大巡航 |
| 起动开关输入“正常（NORM）” |
| 起动开关输入“连续（CON）” |
| 起动开关输入“起动（START）” |
| 燃油控制开关 |
| 火警开关 |
| 备份模式 |
| 轮载信号 |
| 28VDC电源到FADEC的供应状态 |
| 飞机型号识别 |
| 地面保障设备测试使能（暂定） |
| 地面保障编程使能（暂定） |
|  | Rsvd[10] | 备份 | INT16U |
|  | checksum | 校验和 | INT16U |
|  | dataEnd | 数据尾 | INT16U |

R-5381 在维护模式时，控制软件应与地面监测设备通讯，响应指令请求完成相应的地面维护功能。

#### 1.6.4 与反推系统通讯

R-1079 EEC与反推系统通讯应采用ARINC429通讯方式

#### 1.6.5 控制器双通道间通讯

R-1083 两个通道之间的通讯接口采用串行通讯方式，通讯接口定义见本文档“CSCI接口需求”中“通道间通讯接口”。

R-2544 控制软件应设置填充发送数据和接收数据检查、解析处理周期为5ms。

R-2571 控制软件应能够接收另一个通道的数据，通信数据见下表。

表36 双通道通信协议

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 符号 | 含义 | 数据类型 |
|  | Datahead | 数据头 | INT16U |
|  | FrameId | 数据帧信息 | INT16U |
|  | dataLen | 数据长度 | INT16U |
|  | CCDL5msTick | CCDL5ms | 通讯时钟计数值 |
|  | CslfValidData[CS\_TOTAL\_CHAN] | 本通道传感器滤波后值 | INT16U |
|  | Csselfsfsw[SFSW\_TOTAL\_WORDS] | 本通道传感器故障字 | INT16U |
|  | Csfw[CSFW\_WORDS] | 系统故障字 | INT16U |
|  | Fmmw[FMMW\_WORDS] | 故障对策字 | INT16U |
|  | SWI[SWI\_TOTAL\_WORDS] | 削抖后的开关量输入 | INT16U |
|  | SWO[SWO\_TOTAL\_WORDS] | 开关量输出 | INT16U |
|  | scheduleState | 调度状态 | INT16U |
|  | realEngineState | 发动机真实状况 | INT16U |
|  | selfHealthState | 本通道健康状况 | INT16U |
|  | mainCtrlCnt | 主控次数 | INT16U |
|  | checksum | 校验和 | INT16U |
|  | dataEnd | 数据尾 | INT16U |

R-2545 控制软件应对接收的对方通道的数据进行校验，如果校验不通过，并且持续3个通讯周期（暂定），则判定通道间通讯故障标志有效。

R-2546 当通讯恢复正常并达到设定的确认周期，控制软件应能够清除通道间通讯故障标志。

R-5455 控制软件应能够按照表“双通道通信协议”组织数据发送到对方通道。

### 1.7 机内测试管理

机内自检测（BIT）实现对模拟量、频率量、开关量输入、开关量输出等电路的上电、周期、维护故障检测。根据检测到的故障信息，进行故障定位与处理。

#### 1.7.1解算器信号处理电路BIT

本节规定对解算器信号处理电路的BIT检测要求，解算器信号包括：油门杆角度（PLA）、燃油计量活门位置（Lfm），此类BIT支持上电、周期、维护检测。

##### 1.7.1.1 PLA信号处理电路BIT

R-942 应为上电20ms（暂定）后开始BIT诊断。

根据PLA.sin、PLA.cos的采集值进行BIT诊断：

R-944 若PLA.sin<500且PLA.cos<500，并且持续100ms（暂定），应置PLA激励断线故障标志有效；

R-945若PLA.sin>=500且PLA.cos>=500，并且持续100ms（暂定），应置PLA激励断线故障标志无效；

R-946若PLA.sin>4000，并且持续100ms（暂定），应置PLA的sin信号断线故障标志有效；

R-947若PLA.sin>=500且PLA.sin<=4000，并且持续100ms（暂定），应置PLA的sin信号断线故障标志无效；

R-948 若PLA.cos >4000，并且持续100ms（暂定），应置PLA的cos信号断线故障标志有效；

R-949 若PLA.cos >=500且PLA.cos <=4000，并且持续100ms（暂定），应置PLA的cos信号断线故障标志无效；

##### 1.7.1.2 Lfm信号处理电路BIT

R-951 应在上电20ms（暂定）后开始BIT诊断。

根据Lfm.sin、Lfm.cos的采集值进行BIT诊断：

R-953 若Lfm.sin<500且Lfm.cos<500，并且持续40ms（暂定），应置Lfm激励断线故障标志有效；

R-954若Lfm.sin>=500且Lfm.cos>=500，并且持续40ms（暂定），应置Lfm激励断线故障标志无效；

R-955若Lfm.sin>4000，并且持续40ms（暂定），应置Lfm的sin信号断线故障标志有效；

R-956若Lfm.sin>=500且Lfm.sin<=4000，并且持续40ms（暂定），应置Lfm的sin信号断线故障标志无效；

R-957 若Lfm.cos >4000，并且持续40ms（暂定），应置Lfm的cos信号断线故障标志有效；

R-958 若Lfm.cos >=500且Lfm.cos <=4000，并且持续40ms（暂定），应置Lfm的cos信号断线故障标志无效；

#### 1.7.2 LVDT信号处理电路BIT

本节规定对LVDT信号处理电路的BIT检测要求，LVDT信号包括：Lfsv、Lvsv、Lvbv、Ltbv4、Ltbv10、Lhptacc、Lacoc、Lltr、Lrtr，此类BIT支持上电、周期。维护检测。

##### 1.7.2.1 发动机机载LVDT信号处理电路BIT

发动机机载LVDT信号处理电路的BIT检测要求：Lfsv、Lvsv、Lvbv、Ltbv4、Ltbv10、Lhptacc、Lacoc。

R-963 应在上电20ms（暂定）后开始BIT诊断。

根据各LVDT信号Sensor.va、Sensor.vb的采集值进行BIT诊断：

R-965 若Sensor.va<50且Sensor.vb<50，并且持续40ms（暂定），应置LVDT激励断线故障标志有效；

R-966若Sensor.va>=50或Sensor.vb>=500，并且持续40ms（暂定），应置LVDT激励断线故障标志无效；

R-967若Sensor.va>4000，并且Sensor.vb>=50且Sensor.vb<=4000，并且持续40ms（暂定），应置相应LVDT的va信号断线故障标志有效；

R-968若Sensor.va<=4000，并且Sensor.vb>=50且Sensor.vb<=4000，并且持续40ms（暂定），应置相应LVDT的va信号断线故障标志无效；

R-969若Sensor.vb>4000，并且Sensor.va>=50且Sensor.va<=4000，并且持续40ms（暂定），应置相应LVDT的vb信号断线故障标志有效；

R-970若Sensor.vb<=4000，并且Sensor.va>=50且Sensor.va<=4000，并且持续40ms（暂定），应置相应LVDT的vb信号断线故障标志无效。

##### 1.7.2.2 反推LVDT信号处理电路BIT

反推LVDT信号包括：Lltr，Lrtr。

R-973应在上电20ms（暂定）后开始BIT诊断。

根据各反推LVDT信号Sensor.va、Sensor.vb的采集值进行BIT诊断：

R-975 若Sensor.va<50且Sensor.vb<50，并且持续100ms（暂定），应置相应反推LVDT激励断线故障标志有效；

R-976若Sensor.va>=50或Sensor.vb>=50，并且持续40ms（暂定），应置相应反推LVDT激励断线故障标志无效；

R-977若Sensor.va>4000，并且Sensor.vb>=50且Sensor.vb<=4000，并且持续100ms（暂定），应置相应反推LVDT的va信号断线故障标志有效；

R-978若Sensor.va<=4000，并且Sensor.vb>=50且Sensor.vb<=4000，并且持续100ms（暂定），应置相应反推LVDT的va信号断线故障标志无效；

R-979若Sensor.vb>4000，并且Sensor.va>=50且Sensor.va<=4000，并且持续100ms（暂定），应置相应反推LVDT的vb信号断线故障标志有效；

R-980若Sensor.vb<=4000，并且Sensor.va>=50且Sensor.va<=4000，并且持续100ms（暂定），应置相应反推LVDT的vb信号断线故障标志无效。

#### 1.7.3 LVDT激励信号产生电路BIT

本节规定对LVDT激励信号产生电路的BIT检测要求，LVDT信号包括：Lfsv、Lvsv、Lvbv、Ltbv4、Ltbv10、Lhptacc、Lacoc、Lltr、Lrtr，此类BIT支持上电、周期。维护检测。

R-983 应在上电或系统复位650ms（暂定）后开始BIT诊断：

R-984 若LVDT激励信号相应原始采集值SensorSqlData1<322或SensorSqlData1>422或SensorSqlData2<642或SensorSqlData2>842，并且持续100ms，应置相应激励信号故障标志有效；（暂定）

R-985若LVDT激励信号相应原始采集值SensorSqlData1>=322且SensorSqlData1<=422或SensorSqlData2>=642且SensorSqlData<=842，并且持续100ms，应置相应激励信号故障标志无效；（暂定）

#### 1.7.4 热电偶信号处理电路BIT

本节规定对热电偶处理电路的BIT检测要求，热电偶信号包括：T3、Thptc、EGT1、EGT2、EGT3、EGT4、此类BIT支持上电、周期、维护检测。

R-988应在上电20ms（暂定）后开始BIT诊断：

R-989若热电偶信号相应原始采集值SensorSqlData>4000，并且持续100ms（暂定），应置相应热电偶信号断线故障标志有效；

R-990若热电偶信号相应原始采集值SensorSqlData<=4000，并且持续100ms（暂定），应置相应热电偶信号断线故障标志无效；

#### 1.7.5 热电阻信号处理电路BIT

本节规定对热电阻信号处理电路的BIT检测要求，热电阻信号包括：T12、T25、Tfuel、Toil1、Toil2、此类BIT支持上电、周期、维护检测。

R-993 应在上电20ms（暂定）后开始BIT诊断：

R-994 若热电阻信号相应原始采集值Sensor.sqlData>4000或Sensor.sqlData<50，并且持续100ms（暂定），应置相应热电阻信号故障标志有效；

R-995 若热电阻信号相应原始采集值Sensor.sqlData<=4000并且Sensor.sqlData>=50，并且持续100ms（暂定），应置相应热电阻信号故障标志无效。

#### 1.7.6 压阻式压力传感器信号处理电路BIT

本节规定对压阻式压力传感器信号Poil处理电路的BIT检测要求，此BIT支持上电、周期、维护检测。

R-998 应在上电20ms（暂定）后开始BIT诊断：

R-999 若压阻式压力传感器信号相应原始采集值PoilSqlData<50（暂定）,并且持续100ms（暂定），应置信号故障标志有效

R-1000 若压阻式压力传感器信号相应原始采集值PoilSqlData>=50（暂定）,并且持续100ms（暂定），应置信号故障标志无效。

#### 1.7.8 频率量信号处理电路BIT

本节规定对频率量信号处理电路的BIT检测要求，频率信号量包括：N1、N2、Nac、Np、Wf，此BIT支持上电、维护检测。

R-1008 应在上电20ms（暂定）后开始BIT诊断

R-1009 若发动机工作状态为快速启动，应跳过频率量信号的上电检测。

在上电检测中：

R-1011 a）若相应频率量信号原始采集值在正常范围内，不需进行故障检测；

R-1012 b）若相应频率量信号原始采集值为0，应将频率量BIT控制位置0，延时1ms后采集连续两个控制周期的频率电平信号；

R-1013 c）在b）完成之后将频率BIT控制位置1，恢复至正常采集状态。

R-1014 若b）和c）中的采集值均为1，并且持续100ms（暂定），应置相应频率量信号BIT故障标志有效。

R-1015若b）和c）中的采集值至少有一个为0，并且持续100ms（暂定），应置相应频率量信号BIT故障标志无效。

#### 1.7.9 开关量输入信号处理电路BIT

本节规定对开关量输出信号处理电路的BIT检测要求，开关量输入信号包括：SWO01、SWO02、SWO03、SWO04、SWO05、SWO06、SWO07、SWO08、SWO09、SWO10、SWO11、SWO12、SWO13、SWO14、SWO15。此类BIT支持上电、周期、维护检测。

#### 1.7.10 超转电磁阀控制开关量信号处理

##### 1.7.10.1超转电磁阀控制开关量信号处理电路BIT

超转电磁阀采用双端控制，开关量SWO04控制电磁阀与电源端的通断，K1位对应的高速开关，开关量SWO05控制电磁阀与地端的通断，K2位对应的高速开关。

1. 断线检测

R-1031 应在上电100ms（暂定）后开始BIT检测。

R-1032 应根据采集信号KOCZBIT1\_F。KOCZBIT2\_F和KOCZBIT4\_F原始组合值KOCZ\_Value（暂定）作为判据，进行BIT断线检测，如下图所示。

K1关，K2关

KOCZ\_Value？=110

Y

KOCZ\_Value？=100

K1开

KOCZ\_Value？=101

负载正常，K1正常，K2常开

负载断线，K1不可判，K2不可判

N

Y

N

N

KOCZ\_Value？=010

KOCZ\_Value？=010

负载正常，K1常开，K2常开

负载正常，K1异常，K2正常

N

Y

负载正常，K1常开，K2可关

K2开

KOCZ\_Value？=100

负载正常，K1正常，K2正常

负载正常，K1常开，K2常关

N

Y

N

Y

负载正常，K1，K2可关

K1关，K2开

Y

N

KOCZ\_Value？=100

负载正常，K1可关，K2正常

负载正常，K1可关，K2常关

K1开，K2关

K1开

KOCZ\_Value？=010

KOCZ\_Value？=010

负载正常，K1正常，K2正常

负载正常，K1常关，K2正常

N

Y

负载正常，K1常关，K2正常

负载正常，K1常关，K2常关

N

Y

图39 超转保护BIT的断线检测逻辑图

1. 周期检测

R-1034 应在上电100ms（暂定）后开始BIT检测。

R-1035 设置SWO04\_CZ和SWO05\_CZ为0，应等待10ms（暂定）后读取KOCZBIT4\_F。

R-1036 若KOCZBIT4\_F原始采集值=0，并持续100ms（暂定），应置BIT故障标志有效

R-1037 若KOCZBIT4\_F原始采集值=1，并持续100ms（暂定），应置BIT故障标志无效

1. 过流检测

R-1039应在上电100ms（暂定）后开始BIT检测。

R-1040设置SWO04\_CZ和SWO05\_CZ为0，应等待10ms（暂定）后读取KOCZBIT3\_F。

R-1041 若KOCZBIT3\_F原始采集值=0，并持续100ms（暂定），应置BIT故障标志有效

R-1042 若KOCZBIT3\_F原始采集值=1，并持续100ms（暂定），应置BIT故障标志无效

##### 1.7.10.2 其他开关量输出信号处理电路BIT

a）上电断线检测

R-1045 应在上电100ms（暂定）后开始BIT检测，读取相应开关量输入信号的XBIT1值。

R-1046 如果XBIT1=1，应置BIT故障标志有效

R-1047 如果XBIT1=0，应置BIT故障标志无效

b）周期检测

R-1049 应将某一开出信号使能，等待1ms后读取相应开关量输入信号的XBIT2信号。

R-1050若XBIT2原始采集值=1，应置BIT故障标志有效

R-1051若XBIT2原始采集值=0，应置BIT故障标志无效

c）过流检测

R-1053 应将某一开出信号使能，等待1ms后读取相应开关量输入信号的XBIT3信号。

R-1054若XBIT3原始采集值=1，应置BIT故障标志有效

R-1055若XBIT3原始采集值=0，应置BIT故障标志无效

3.2.7.11 电液伺服阀门电流输出信号处理电路BIT

本节规定对电液伺服阀门电流输出信号处理电路的BIT检测要求，电液伺服阀门电流输出信号处理电路包括：Iwfm、Ivsv、Ivbv、Itbv4、Itbv10、Ihptacc、Iacoc、Ifsv、Ibak。此类BIT支持上电、周期、维护检测。

R-1057应在上电100ms（暂定）后开始BIT检测，读取电液伺服阀驱动电路相应的检测电压XCA和XCB。

R2105若EHSV.SCA>=2.94V且EHSV.SCA<=3.94V（暂定），应置过流故障标志有效。

R2107若EHSV.SCB>=4.5V且EHSV.SCB<=5V（暂定），应置过流故障标志有效。