



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114676572 B

(45) 授权公告日 2023.02.17

(21) 申请号 202210306223.5  
 (22) 申请日 2022.03.25  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 114676572 A  
 (43) 申请公布日 2022.06.28  
 (73) 专利权人 中国航空发动机研究院  
 地址 101304 北京市顺义区顺兴路21号  
 (72) 发明人 郭超 汪邦军 吴强  
 (74) 专利代理机构 北京鼎承知识产权代理有限公司 11551  
 专利代理师 夏华栋 顾可嘉  
 (51) Int. Cl.  
 G06F 30/20 (2020.01)  
 G06F 119/02 (2020.01)  
 (56) 对比文件  
 CN 113868849 A, 2021.12.31

CN 113919068 A, 2022.01.11  
 CN 112308381 A, 2021.02.02  
 CN 112613186 A, 2021.04.06  
 CN 102156804 A, 2011.08.17  
 CN 112632860 A, 2021.04.09  
 CN 108319776 A, 2018.07.24  
 CN 110008570 A, 2019.07.12  
 CN 109657420 A, 2019.04.19  
 CN 109766519 A, 2019.05.17  
 US 2020184134 A1, 2020.06.11  
 US 2019075299 A1, 2019.03.07

王俊龙等. “面向满足率与利用率的通用备件优化配置方法”. 《航空学报》. 2022, 第43卷(第5期), 226978-1至226978-7.  
 汪邦军等. “多元非线性制造过程波动源识别模型与方法”. 《计算机集成制造系统》. 2017, 第23卷(第4期), 第825-835页.

审查员 张忠钊

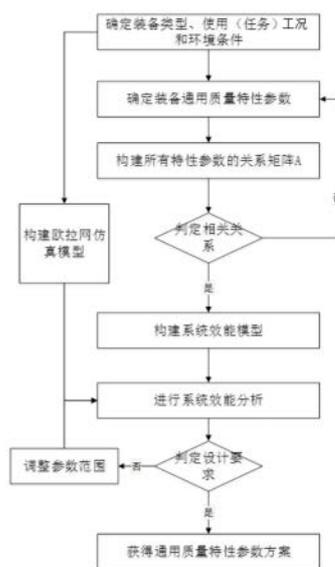
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

一种参数确定方法及装置、计算机可读存储介质

(57) 摘要

本发明提供了一种参数确定方法及装置、计算机可读存储介质,用于确定装备的通用质量特性参数,首先利用装备通用质量特性参数构建关系矩阵A,确定A中各参数之间相关关系值最大的两个装备通用质量特性参数;再构建欧拉网仿真模型,确定装备运行状态;然后构建系统效能模型,将相关关系值最大的两个装备通用质量特性参数作为系统效能模型的输入,将装备运行状态作为边界条件,进行系统效能分析;最后将达到装备通用质量特性设计要求的所有方案中,最优概率方案的一组参数作为确定装备通用质量特性参数的最终方案。本发明最大程度上降低了由于参数调整带来的相互影响,且能够快速选出最优的目标方案。



CN 114676572 B

1. 一种参数确定方法,其特征在于:用于确定装备的通用质量特性参数,所述方法包括:

获取所述装备的多个通用质量特性参数,构建所有装备通用质量特性参数的关系矩阵A;

确定关系矩阵A中相关关系值最大的两个装备通用质量特性参数;利用仿真模型对装备的任务进行仿真计算,确定装备运行状态;

将相关关系值最大的两个装备通用质量特性参数作为系统效能模型的输入,将装备运行状态作为边界条件,进行系统效能分析,确定装备正常状态的任务成功率、故障状态的任务成功率、正常状态的任务不成功率以及故障状态的任务不成功率;

当装备通用质量特性参数组成的方案 $A_t$ 的参数 $C_j$ 满意度 $S_{ij}$ 满足: $S_{ij} \leq E_r$ 时,判定装备的使用效能达到装备通用质量特性设计的要求;其中 $E_r$ 为系统效能分析结果,参数 $C_j$ 为由 $i$ 个 $C_{ij}$ 组成, $C_{ij}$ 为任意的装备通用质量特性参数, $i$ 为参数序号,且 $i > 1$ , $j$ 为参数个数; $t$ 为方案数, $A_t$ 中的装备通用质量特性参数属于关系矩阵A;

将达到装备通用质量特性设计要求的所有方案中,最优概率方案的一组参数作为确定装备通用质量特性参数的最终方案;其中,最优概率为方案在整个方案空间S中,优于所有其他方案的可能性。

2. 根据权利要求1所述的参数确定方法,其特征在于,获取所述装备的多个通用质量特性参数,包括:

确定装备类型、装备的使用工况以及装备的环境条件;

根据装备类型、装备的使用工况以及装备的环境条件,确定装备通用质量特性参数。

3. 根据权利要求1或2所述的参数确定方法,其特征在于,所述装备通用质量特性参数包括平均故障间隔时间、平均修复时间、平均后勤延误时间、故障率和使用寿命。

4. 根据权利要求3所述的参数确定方法,其特征在于,所述装备通用质量特性参数作为输入条件,利用相关系数函数,构建所有装备通用质量特性参数的关系矩阵A。

5. 根据权利要求4所述的参数确定方法,其特征在于,所述关系矩阵为:

$$A = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1j} \\ C_{21} & C_{22} & \cdots & C_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{i1} & C_{i2} & \cdots & C_{ij} \end{bmatrix}$$

其中:

$$C_{(i-1)1} + k_1(j) = C_{i1}$$

⋮

$$C_{(i-1)j} + k_j(j) = C_{ij};$$

所述 $k_j(j)$ 满足:

$$k_j(j) = \frac{C'_{ij} - C_{1j}}{i - 1}$$

其中: $C'_{ij}$ 和 $C_{1j}$ 分别为第 $j$ 个参数的上下限。

6. 根据权利要求4所述的参数确定方法,其特征在于,当 $i = 1$ 时,所述相关关系值的判

定依据为:

$$\varepsilon_{1,j} = |\rho_{X_1 X_j}| = \left| \frac{\text{Cov}(X_1, X_j)}{\sigma_{X_1} \sigma_{X_j}} \right|$$

其中:  $\rho_{X_1 X_j}$  为  $X_j$  与  $X_1$  的相关系数,  $\text{Cov}(X_1, X_j)$  为  $X_j$  与  $X_1$  的协方差,  $\sigma_{X_1}$  为  $X_1$  的标准差,  $\sigma_{X_j}$  为  $X_j$  的标准差, 且  $X_j = \frac{\sum_{i=1}^i c_{ij}}{i}$ 。

7. 根据权利要求1所述的参数确定方法, 其特征在于, 所述仿真模型为欧拉网仿真模型, 所述欧拉网仿真模型是将使用或任务工况通过欧拉网模型化得到的。

8. 根据权利要求1所述的参数确定方法, 其特征在于, 所述系统效能模型为:

$$E_r = [\alpha_1 \alpha_2] = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} \\ d_{21} & d_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix}$$

其中:  $\alpha_1$  表示装备正常状态概率,  $\alpha_2$  表示装备故障状态概率,  $c_1$  表示装备正常状态下的装备固有能力,  $c_2$  表示装备故障状态完成任务的能力,  $d_{11}$  表示装备正常状态的任务成功率,  $d_{12}$  表示装备正常状态的任务不成功率,  $d_{21}$  表示装备故障状态的任务成功,  $d_{22}$  表示装备故障状态的任务不成功率。

9. 根据权利要求1所述的参数确定方法, 其特征在于, 任一方案的最优概率满足:

$$\text{Pob}_i = P(J(A_p) > \max\{J(A_q)\}) \quad A_q \in S, p \neq q$$

其中,  $\text{Pob}_i$  为方案的最优概率,  $J$  为方案的综合评价函数,  $S$  为整个方案空间。

10. 根据权利要求1所述的参数确定方法, 其特征在于, 还包括: 最优概率方案中单个参数的灵敏度通过  $R_{ji} = \sum_{a=1}^t (S_{jia} - S_j) / t$  计算得到, 其中  $S_j = \sum_{i=1}^{n_c} J(\alpha_{ji} / (\alpha_{ji} + \beta_{ji}))$ ,  $\alpha_{ji}$ 、 $\beta_{ji}$  为参数  $C_j$  的 Beta 拟合分布参数,  $R_{ji}$  为单个参数的灵敏度,  $S_{jia}$  为参数的单项满意度,  $J$  为方案的综合评价函数,  $S_j$  为参数的综合满意度,  $n_c$  为参数总数,  $t$  为方案数。

11. 一种参数确定装置, 其特征在于, 包括:

参数相关关系确定模块, 用于确定关系矩阵中相关关系值最大的两个装备通用质量特性参数;

装备运行状态确定模块, 用于确定装备的运行状态;

效能分析模块, 将参数相关关系确定模块的结果作为系统效能模型的输入、装备的运行状态作为边界条件, 进行系统效能分析;

最终方案确定模块, 根据系统效能分析结果, 判定达到装备通用质量特性设计要求的方案, 并将最优概率方案的一组参数作为确定装备通用质量特性参数的最终方案。

12. 一种计算机可读存储介质, 其特征在于, 所述存储介质存储有计算机程序, 所述计算机程序被处理器执行时使所述处理器执行如权利要求1-10任一项所述的参数确定方法。

## 一种参数确定方法及装置、计算机可读存储介质

### 技术领域

[0001] 本发明属于装备质量可靠性专业技术领域,具体涉及一种参数确定方法及装置、计算机可读存储介质。

### 背景技术

[0002] 装备通用质量特性是装备的重要特性组成,是相对于专用质量特性提出的,具体包括可靠性、维修性、测试性、保障性、安全性、环境适应性等。通用质量特性参数的计算是在装备研制生产的论证阶段提出,是规范装备研制生产的基本要求。装备通用质量特性的计算与优化从上个世纪60年代开始,最先只是出现在可靠性一个方面,后来逐渐向维修保障等方面发展,而且越来越多地采用建模与仿真技术。目前装备通用质量特性参数论证基本都是采用构建仿真模型的方法实现的,包括:功能模型、任务模型、维修模型、保证模型等。主要目的是通过模型实现通用质量特性的计算,但是目前这些模型都没有能够考虑通用质量特性参数之间的关联关系。虽然国内外学者和工程技术人员对于装备通用质量特性参数进行了大量研究,但还仅仅局限于构建参数体系本身,各个参数之间的相互影响关系还不明确。工程技术人员在进行通用质量特性设计时,往往忽略了参数之间的相互关联性,难以对参数进行有效的识别和论证,导致论证难度增加。装备通用质量特性在设计过程中存在很多关联因素,导致在参数选择的时候往往会出现反复,目前并没有一种有效的方法来完全避免。

### 发明内容

[0003] 针对现有技术中存在不足,本发明提供了一种参数确定方法及装置、计算机可读存储介质,增强通用质量特性参数论证的有效性和可操作性,降低参数论证的难度。

[0004] 本发明是通过以下技术手段实现上述技术目的的。

[0005] 一种参数确定方法,用于确定装备的通用质量特性参数,所述方法包括:

[0006] 获取所述装备的多个通用质量特性参数,构建所有装备通用质量特性参数的关系矩阵A;

[0007] 确定关系矩阵A中相关关系值最大的两个装备通用质量特性参数;利用仿真模型对装备的任务进行仿真计算,确定装备运行状态;

[0008] 将相关关系值最大的两个装备通用质量特性参数作为系统效能模型的输入,将装备运行状态作为边界条件,进行系统效能分析,确定装备正常状态的任务成功率、故障状态的任务成功率、正常状态的任务不成功率以及故障状态的任务不成功率;

[0009] 当装备通用质量特性参数组成的方案 $A_t$ 的参数 $C_j$ 满意度 $S_{ij}$ 满足: $S_{ij} \leq E_r$ 时,判定装备的使用效能达到装备通用质量特性设计的要求;其中 $E_r$ 为系统效能分析结果,参数 $C_j$ 为由 $i$ 个 $C_{ij}$ 组成, $C_{ij}$ 为任意的装备通用质量特性参数, $i$ 为参数序数,且 $i > 1$ , $j$ 为参数个数; $t$ 为方案数, $A_t$ 中的装备通用质量特性参数属于关系矩阵A;

[0010] 将达到装备通用质量特性设计要求的所有方案中,最优概率方案的一组参数作为

确定装备通用质量特性参数的最终方案;其中,最优概率为方案在整个方案空间S中,优于所有其他方案的可能性。

[0011] 进一步地,获取所述装备的多个通用质量特性参数,包括:

[0012] 确定装备类型、装备的使用工况以及装备的环境条件;

[0013] 根据装备类型、装备的使用工况以及装备的环境条件,确定装备通用质量特性参数

[0014] 进一步地,所述装备通用质量特性参数包括平均故障间隔时间、平均修复时间、平均后勤延误时间、故障率和使用寿命。

[0015] 更进一步地,所述装备通用质量特性参数作为输入条件,利用相关系数函数,构建所有装备通用质量特性参数的关系矩阵A。

[0016] 更进一步地,所述关系矩阵为:

$$[0017] \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1j} \\ C_{21} & C_{22} & \cdots & C_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{i1} & C_{i2} & \cdots & C_{ij} \end{bmatrix}$$

[0018] 其中:

$$[0019] \quad C_{(i-1)1+k_1(j)} = C_{i1}$$

[0020]  $\vdots$

[0021]  $C_{(i-1)j+k_j(j)} = C_{ij}$ ;所述 $k_j(j)$ 满足:

$$[0022] \quad k_j(j) = \frac{C'_{ij} - C_{1j}}{i - 1}$$

[0023] 其中: $C'_{ij}$ 和 $C_{1j}$ 分别为第j个参数的上下限。

[0024] 更进一步地,当 $i=1$ 时,所述相关关系值的判定依据为:

$$[0025] \quad \varepsilon_{1,j} = |\rho_{X_1 X_j}| = \left| \frac{\text{Cov}(X_1, X_j)}{\sigma_{X_1} \sigma_{X_j}} \right|$$

[0026] 其中: $\rho_{X_1 X_j}$ 为 $X_j$ 与 $X_1$ 的相关系数, $\text{Cov}(X_1, X_j)$ 为 $X_j$ 与 $X_1$ 的协方差, $\sigma_{X_1}$ 为 $X_1$ 的标准差, $\sigma_{X_j}$ 为 $X_j$ 的标准差,且 $X_j = \frac{\sum_{i=1}^i C_{ij}}{i}$ 。

[0027] 进一步地,所述仿真模型为欧拉网仿真模型,所述欧拉网仿真模型是将使用或任务工况通过欧拉网模型化得到的。

[0028] 进一步地,所述系统效能模型为:

$$[0029] \quad E_r = [\alpha_1 \alpha_2] = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} \\ d_{21} & d_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix}$$

[0030] 其中: $\alpha_1$ 表示装备正常状态概率, $\alpha_2$ 表示装备故障状态概率, $c_1$ 表示装备正常状态下的装备固有能力, $c_2$ 表示装备故障状态完成任务的能力, $d_{11}$ 表示装备正常状态的任务成功率, $d_{12}$ 表示装备正常状态的任务不成功率, $d_{21}$ 表示装备故障状态的任务成功, $d_{22}$ 表示装备故障状态的任务不成功率。

[0031] 进一步地,任一方案的最优概率满足:

$$[0032] \quad \text{Pob}_i = P(J(A_p) > \max \{J(A_q)\}) \quad A_q \in S, p \neq q$$

[0033] 其中,J为方案的综合评价函数。

[0034] 进一步地,还包括:最优概率方案中单个参数的灵敏度通过  $R_{ji} = \sum_{a=1}^t (S_{jia} - S_j)/t$  计算得到,其中  $S_j = \sum_{i=1}^{n_c} J(\alpha_{ji}/(\alpha_{ji} + \beta_{ji}))$ ,  $\alpha_{ji}$ 、 $\beta_{ji}$  为参数  $C_j$  的Beta拟合分布参数,J为方案的综合评价函数。

[0035] 一种参数确定装置,包括:

[0036] 参数相关关系确定模块,用于确定关系矩阵中相关关系值最大的两个装备通用质量特性参数;

[0037] 装备运行状态确定模块,用于确定装备的运行状态;

[0038] 效能分析模块,将参数相关关系确定模块的结果作为系统效能模型的输入、装备的运行状态作为边界条件,进行系统效能分析;

[0039] 最终方案确定模块,根据系统效能分析结果,判定达到装备通用质量特性设计要求的方案,并将最优概率方案的一组参数作为确定装备通用质量特性参数的最终方案。

[0040] 一种计算机可读存储介质,所述存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时使所述处理器执行上述参数确定方法。

[0041] 本发明的有益效果为:

[0042] (1) 本发明利用相关系数函数,将装备通用质量特性参数进行关联选择,将关联性强的装备通用质量特性参数作为考核系统效能的手段,将可能受到影响的参数都作为系统效能分析的变量,从而最大程度上降低了由于参数调整带来的相互影响;

[0043] (2) 本发明将达到装备通用质量特性设计要求的所有参数中,最优概率方案的一组参数作为确定装备通用质量特性参数的最终方案,从传统的比较系统效能高低,变成了在满足设计要求前提下,目标方案优于所有其他方案的可能性(也就是概率),从而可以轻而易举挑选出最优的目标方案;

[0044] (3) 本发明根据装备类型、装备的使用工况以及装备的环境条件,筛选出符合研究对象的装备通用质量特性参数,便于相关关系分析;

[0045] (4) 本发明中的装备通用质量特性参数包括平均故障间隔时间、平均修复时间、平均后勤延误时间、故障率和使用寿命,有利于确定装备的正常状态或故障状态;

[0046] (5) 本发明的仿真模型选用欧拉网仿真模型,直观展现装备任务的相互关联关系,且便于仿真计算;

[0047] (6) 本发明的系统效能模型中包括装备正常状态下的装备固有能力、装备故障状态完成任务的能力,能全面地体现装备的运行状态;

[0048] (7) 本发明计算最优概率方案中单个参数的灵敏度,并确定灵敏度最大的一个装备通用质量特性参数,通过调整该特性参数,使方案的最优概率更高,提高满意度,使得任务成功率更高。

## 附图说明

[0049] 图1为本发明所述基于欧拉网的装备通用质量特性参数确定方法流程图;

[0050] 图2(a)为装备任务过程的第一种模型图;

[0051] 图2(b)为装备任务过程的第二种模型图;

[0052] 图2(c)为环境任务过程的第三种模型图;

- [0053] 图3为本发明方案1的参数拟合图；  
 [0054] 图4为本发明方案2的参数拟合图；  
 [0055] 图5为本发明方案3的参数拟合图。

### 具体实施方式

[0056] 下面结合附图以及具体实施例对本发明作进一步的说明，但本发明的保护范围并不限于此。

[0057] 本发明一种基于欧拉网的装备通用质量特性参数确定方法，具体包括如下步骤：

[0058] S1, 确定装备的类型，包括：火箭（导弹）、航空装备（固定翼飞机、直升机等）、车辆（轮式、履带）、舰船等。使用（任务）工况包括：转速 $n$ 、高度 $H$ 、速度 $v$ 等。环境条件包括：温度 $t$ 、湿度 $w$ 、气压 $A_p$ 等。根据装备类型不同，使用（任务）工况和环境条件也不相同。通过对以上参数的确定，获得装备运转的基本条件，从而明确装备长期工作的状态或任务状态。

[0059] 然后确定装备通用质量特性的相关表征参数，如：通用质量特性所包含的平均故障间隔时间MTBF、平均修复时间MTTR、平均后勤延误时间MLFT、故障率和使用寿命等。装备通用质量特性参数很多，可以根据装备特点和使用（任务）工况等来初始选择，为后面进行参数的相关关系分析提供分析的输入条件。

[0060] S2, 参数之间的关联是复杂的，一个参数可能与多个参数存在关联关系，那么它对哪个参数的影响更大，就必须进行定量计算。将装备通用质量特性参数作为输入条件，借助相关系数函数，构建所有装备通用质量特性参数的关系矩阵 $A$ 。构建过程如下：

[0061] 令 $C_{ij}$ 为任意的装备通用质量特性参数，其中 $i$ 为参数序数， $j$ 为参数个数。令：

$$[0062] \quad k_j(j) = \frac{C'_{ij} - C_{1j}}{i - 1} (i > 1)$$

[0063] 其中， $C'_{ij}$ 和 $C_{1j}$ 分别为第 $j$ 个参数的上下限。

[0064] 数列 $K$ ：

$$[0065] \quad K = [k_1(j) \quad k_2(j) \cdots k_j(j)]$$

$$[0066] \quad = [\Delta k_1 \quad \Delta k_2 \cdots \Delta k_j]$$

[0067] 构建所有装备通用质量特性参数的关系矩阵 $A$ ：

$$[0068] \quad A = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1j} \\ C_{21} & C_{22} & \cdots & C_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{i1} & C_{i2} & \cdots & C_{ij} \end{bmatrix}$$

[0069] 其中存在：

$$[0070] \quad C_{(i-1)1} + \Delta k_1 = C_{i1}$$

[0071]  $\vdots$

$$[0072] \quad C_{(i-1)j} + \Delta k_j = C_{ij}$$

[0073] S3, 判定所述关系矩阵 $A$ 中各参数之间的相关关系

[0074] 令：

$$[0075] \quad X_j = \frac{\sum_{i=1}^i C_{ij}}{i}$$

[0076] 相关关系的判定依据为下式:

$$[0077] \quad \varepsilon_{1,j} = |\rho_{X_1 X_j}| = \left| \frac{\text{Cov}(X_1, X_j)}{\sigma_{X_1} \sigma_{X_j}} \right|$$

[0078] 其中  $\rho_{X_1 X_j}$  为  $X_j$  与  $X_1$  的相关系数,  $\text{Cov}(X_1, X_j)$  为  $X_j$  与  $X_1$  的协方差,  $\sigma_{X_1}$  为  $X_1$  的标准差,  $\sigma_{X_j}$  为  $X_j$  的标准差。相关关系值  $\varepsilon$  是一个 0-1 之间的数, 当  $\varepsilon$  为 1 时表示, 两个参数完全线性相关, 其越接近 1 表示两个参数的相关性越强。

[0079] 构建对于单一参数的相关系数数列, 或者对于多个参数的相关系数矩阵; 如下式所示:

$$[0080] \quad \mathbf{I} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,1} & \varepsilon_{1,2} & \varepsilon_{1,3} & \cdots & \varepsilon_{1,j} \\ \varepsilon_{2,1} & \varepsilon_{2,2} & \varepsilon_{2,3} & \cdots & \varepsilon_{2,j} \\ & & \vdots & & \\ \varepsilon_{n,1} & \varepsilon_{n,2} & \varepsilon_{n,3} & \cdots & \varepsilon_{n,j} \end{bmatrix}$$

[0081] 通过上述相关系数数列或相关系数矩阵, 确定并输出相关关系最强的一组参数, 作为装备使用性能和费用 (包括时间) 约束下进行系统效能分析的判定参数。

[0082] S4, 将使用或任务工况通过欧拉网的方式模型化, 构建欧拉网仿真模型

[0083] 根据欧拉网系统的特性及实体生命周期的一般规律, 需要给出每一个实体标记的静态属性值, 以及任意时刻的状态变量。比如在航空装备当中, 定义三种核心实体: 任务实体 M、装备实体 Q 和环境实体 E, 其中任务实体 M 为临时实体, 装备实体 Q 和环境实体 E 为永久实体。

[0084] 假设, 完成任务的时间服从正态分布  $N(\mu, \sigma^2)$ , 装备到寿服从指数分布  $e(\lambda)$ 。

[0085] 下面列举两个串联任务来说明, 通过某一航空装备在两种环境下进行任务的欧拉网的仿真模型如图 2 (a)、(b)、(c) 所示。其中  $a_1$ 、 $a_2$  分别表示执行任务一、执行任务二,  $a_3$  表示任务完成;  $s_1$ 、 $s_2$  分别表示装备在任务一和任务二上,  $s_3$  表示系统外部,  $s_4$  表示装备等待;  $s_5$ 、 $s_6$  分别表示环境造成的任务等待。

[0086] 设置仿真时间  $T=0$ ,  $a$  作为活动状态, 表示工作 (任务) 过程。如果  $a$  发生当前活动, 对于任一状况  $s \in \dot{a}$  (其中  $s$  包括  $s_1$ - $s_6$ , 当任务发生变化,  $s$  的个数随之改变;  $\dot{a}$  表示某一活动状态), 在某一个特定状态下  $s$  的标记集  $\Delta s = \{\delta | \rho(\delta) = s\}$ , 则  $s$  对于  $a$  的输入标记集记为:

$$[0087] \quad \Delta_{in}(s, a) = \{\delta | \rho_t(\delta) = a, \delta \in \Delta(s), s \in \dot{a}\}$$

[0088] 其中  $\rho_t$  为某一时刻的相位;

[0089] 那么活动状态  $a$  发生的结果是将欧拉网的标识 M 下元素  $x$  的标记集  $\Delta x$  变更成新的标记集  $\Delta' x$ , 且:

$$[0090] \quad \Delta' x = \begin{cases} \Delta x - \Delta_{in}(x, a); & x \in \dot{a} \\ \Delta x \cup \{\Delta_{in}(s, x)\}; & x = a, s \in \dot{a} \\ \Delta x; & \end{cases}$$

[0091] 因而欧拉网的标识 M 变成:

$$[0092] \quad M'(x) = |\Delta' x|$$

[0093] 欧拉网的新标识 M' 下, 标记  $\delta$  的相位为:

$$[0094] \quad \rho(\delta) = \begin{cases} a; \delta \in \Delta_{in}(x, a); x \in \dot{a} \\ \text{不变; 其他情况} \end{cases}$$

[0095] 进行仿真计算,获得装备运行状态(由标记集 $\Delta$ 'x表征)的评估结果。对于a为当前结束的活动,与输入情况相同,这里不再赘述,若 $T \geq T^*$ (停止时间)则运行结束。

[0096] 与欧拉网建模方法为依据,将装备、环境等进行实体化,采用网络图的方式对实体的活动周期进行图示化描述。通过S1中装备使用(任务)过程分析来描述实体行为,不同的装备使用状况,对应不同的实体行为,将使用(任务)工况通过欧拉网的方式模型化。欧拉网仿真模型实现了对于装备运行状态的描述和评估,为进一步进行系统效能分析提供了边界条件。

[0097] S5,系统效能分析能有效地确定系统效能高低,实现对通用质量特性参数的综合权衡和优化。装备在作战性能和费用(包括时间)约束下的判定参数比较多,在这里以航空装备为例,从系统效能角度定义其主要判定参数为:

[0098] 1) 系统使用可用度 $A_{sot}$ :表示航空装备处于完好状态的概率;

[0099] 2) 系统固有可用度 $R_{ct}$ :表示在规定时间内准备规定的完好航空装备的概率;

[0100] 3) 任务可靠度 $R_{mt}$ :表示航空装备在规定的任务剖面内完成规定功能的能力。

[0101] 由此建立基于系统效能的航空装备通用质量特性参数论证模型:

$$[0102] \quad E_r = A_{sot} R_{ct} R_{mt}$$

[0103] 也就是说航空装备必须同时满足系统使用可用度、系统固有可用度和任务可靠度三方面的要求,才能认为系统能力达成。

[0104] 上述判定参数及通用质量特性参数论证模型同样适用于其它装备类型。

[0105] 构建系统效能模型,系统效能以向量表示为:

$$[0106] \quad E_r = [\alpha_1 \alpha_2] = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} \\ d_{21} & d_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix}$$

[0107] 其中: $\alpha_1$ 表示装备正常状态概率, $\alpha_2$ 表示装备故障状态概率, $c_1$ 表示装备正常状态下的装备固有能(考虑战术指标、装备可修复性、保障条件、人员素质等), $c_2$ 表示装备故障状态完成任务的能力, $d_{11}$ 、 $d_{12}$ 、 $d_{21}$ 、 $d_{22}$ 分别表示装备正常状态的任务成功率、正常状态的任务不成功率、故障状态的任务成功率、故障状态的任务不成功率。

[0108] 将S3中获得的相关关系最强的一组参数作为系统效能模型的输入,将S4中获得的装备运行状态作为边界条件,进行系统效能分析,确定装备正常状态、故障状态的任务成功率和任务不成功率。

[0109] 然后进行系统效能结果判定,由于通用质量特性各项参数已经作为变量,所以判定结果可以被看做一个随机变量,那么在进行方案(一组 $C_{ij}$ 对应一个方案)比较时,可以将方案选择过程转化成计算某个方案的最佳方案概率值,即最优概率的概念。最优概率指方案在整个方案空间S中,优于所有其他方案的可能性。其判定过程为:

$$[0110] \quad \text{Pob}_i = P(J(A_p) > \max \{J(A_q)\}) A_q \in S, p \neq q$$

[0111] 其中J为方案的综合评价函数,例如:熵值法;本发明中的综合评价函数也可以采用其它方式,并不局限于熵值法。

[0112] 根据方案 $A_t$ 的参数 $C_j$ (由i个 $C_{ij}$ 组成, $C_{ij}$ 为任意的装备通用质量特性参数)的拟合分布 $B_{ij}$ 生成随机数r,将r作为方案 $A_i$ 的参数 $C_j$ 的满意度 $S_{ij}$ ,当满足: $S_{ij} \leq E_r$ 时,判定装备的

使用效能达到装备通用质量特性设计的要求。将达到装备通用质量特性设计要求的所有方案中,概率可能性最大(最优概率)方案的一组参数作为通用质量特性的最终方案。 $t$ 为方案数,组成方案 $A_t$ 的装备通用质量特性参数的个数小于等于关系矩阵 $A$ 中装备通用质量特性参数的个数,即组成方案 $A_t$ 的装备通用质量特性参数属于关系矩阵 $A$ 。

[0113] 方案排序的变化表示了仿真数据的不确定性影响,如果对于某一个参数进行控制变量,可以形成对单个参数的灵敏度计算。

$$[0114] \quad R_{ji} = \sum_{a=1}^t (S_{jia} - S_j) / t$$

[0115] 其中  $S_j = \sum_{i=1}^{n_c} J(\alpha_{ji} / (\alpha_{ji} + \beta_{ji}))$ ,  $\alpha_{ji}$ 、 $\beta_{ji}$  为参数  $C_j$  的 Beta 拟合分布参数。考虑航空装备的特点,其综合满意度为:系统使用可用度  $A_{sot}$ 、系统固有可用度  $R_{ct}$  和任务可靠度  $R_{mt}$ 。

[0116] 确定灵敏度最大的某一个装备通用质量特性参数,可以通过调整该特性参数,使方案的最优概率更高,提高满意度,使得任务成功率更高。

[0117] 本实施例确定装备的类型为航空装备,使用(任务)工况中转速  $n=7500\text{r/min}$ 、高度  $H=9500\text{m}$ 、速度  $v=850\text{Km/h}$ 、环境条件中温度  $t=-30^\circ\text{C}$ 、湿度  $w=20\%$ 、气压  $A_p=30\text{Kpa}$ ,作为装备的常用工况,以此类推获得如:极限工况、待机等不同条件的工况或者任务状态。由于航空装备的特殊性,可确定参数如:使用可用度 ( $A_0$ )、平均故障间隔飞行小时 (TFBF)、平均故障间隔时间 (MTBF)、任务可靠度 ( $R_M$ )、空中停车率 (IFSR)、提前换发率 (UERR)、使用寿命 (TLSE)、平均修复时间 (MTTR)、故障检测率 ( $R_{FD}$ )、事故率 (RPA) 等。

[0118] 执行上述 S2-S5,通过对仿真计算获得影响综合满意度的各项参数仿真结果数据的拟合,得到不同方案下的参数拟合图,如图 3-5 所示。

[0119] 通过最优概率的计算方法设置参数的权重,假设系统使用可用度的权重  $W_{sot}=0.3$ 、系统固有可用度的权重  $W_{ct}=0.3$ 、任务可靠度的权重  $W_{mt}=0.4$ ,计算结果如表 1 所示。

[0120] 表 1 最优概率计算结果

	第 1 的次数	第 2 的次数	第 3 的次数	$Pob_i$
[0121] 方案 1	157	154	189	0.314
方案 2	108	159	233	0.216
方案 3	235	187	78	0.47

[0122] 从计算的结果来看,方案 3 成为最优方案的次数最多,方案 1 次之,方案 2 最少,根据计算结果值可以确定方案 3 是三个方案中最优方案。

[0123] 根据本发明的实施例,提供了一种参数确定装置,包括:

[0124] 参数相关关系确定模块,用于确定关系矩阵中相关关系值最大的两个装备通用质量特性参数;

[0125] 装备运行状态确定模块,用于确定装备的运行状态;

[0126] 效能分析模块,将参数相关关系确定模块的结果作为系统效能模型的输入、装备的运行状态作为边界条件,进行系统效能分析;

[0127] 最终方案确定模块,根据系统效能分析结果,判定达到装备通用质量特性设计要

求的方案,并将最优概率方案的一组参数作为确定装备通用质量特性参数的最终方案。

[0128] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分步骤可以通过硬件来完成,也可以通过程序来指令相关的硬件完成,所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中,上述提到的存储介质可以是只读存储器、磁盘或光盘等。

[0129] 所述实施例为本发明的优选的实施方式,但本发明并不限于上述实施方式,在不背离本发明的实质内容的情况下,本领域技术人员能够做出的任何显而易见的改进、替换或变型均属于本发明的保护范围。

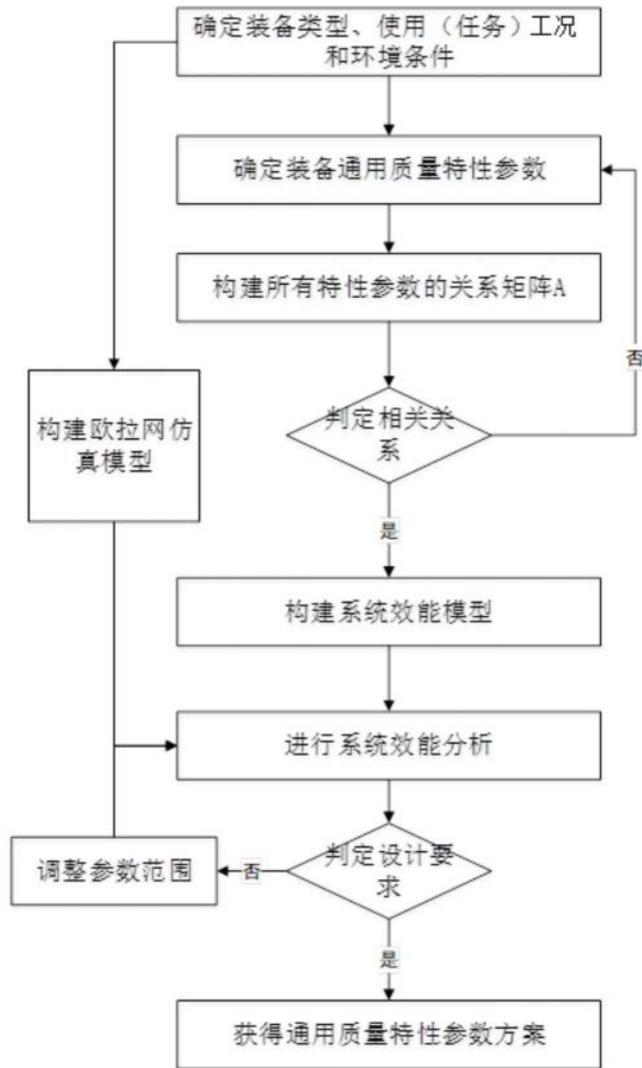


图1

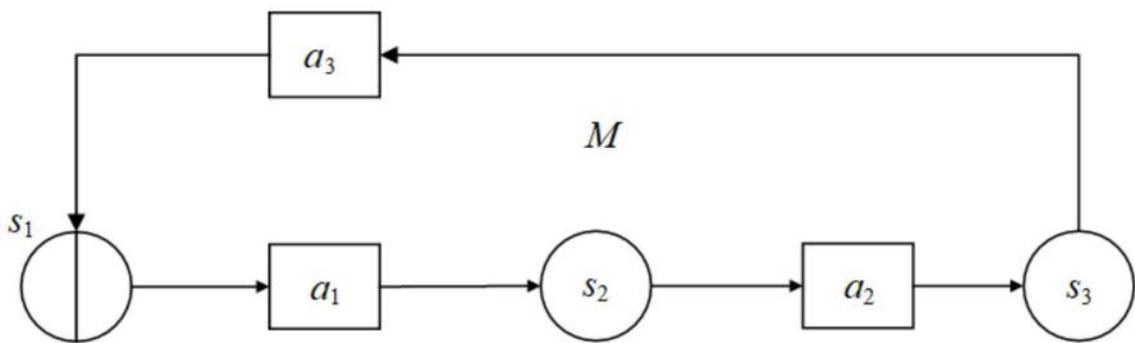


图2(a)

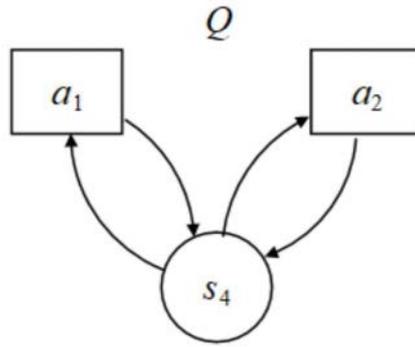


图2 (b)

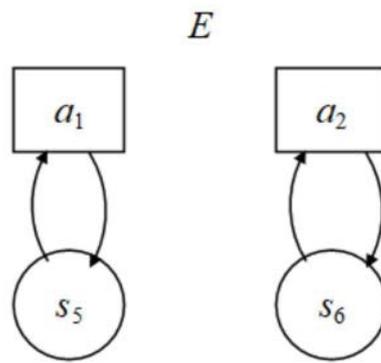


图2 (c)

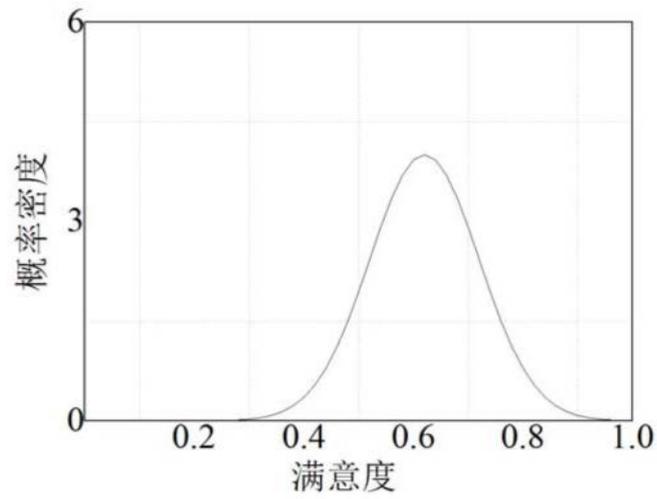


图3

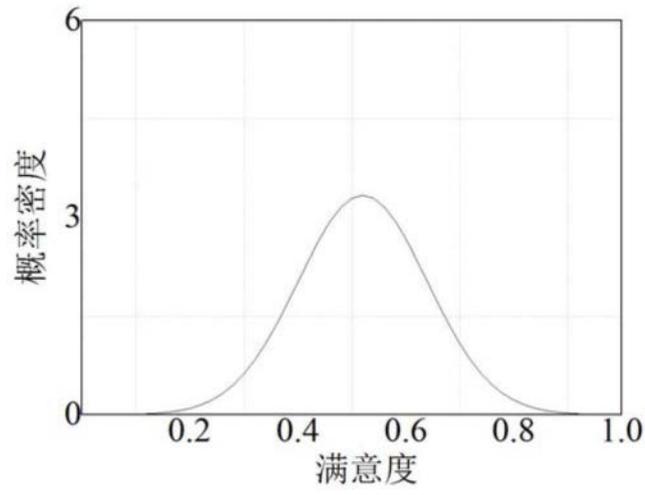


图4

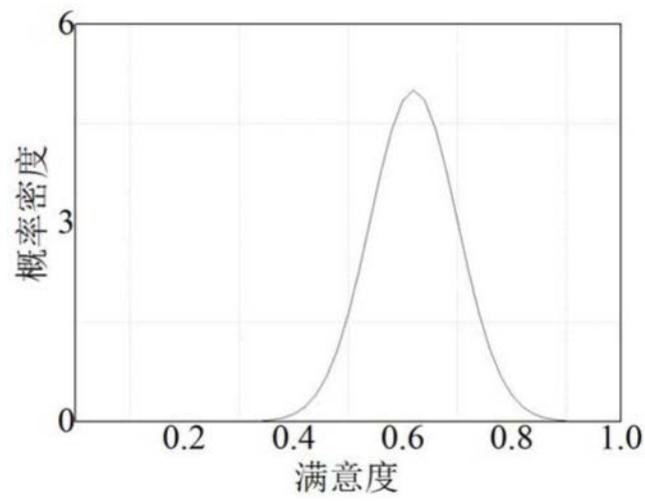


图5