ICS 13.020.10
Z 04

团　　体　　标　　准

T/GDEIIA 5—2020

轨道交通电子设备 RAMS 评价实施指南

Guide for RAMS evaluation for Rail Transit System electronic products

（征求意见稿）

2020－ ** －　**发布　　2020－** －　** 实施

广东省电子信息行业协会　发布

目　　次

目次 I
前言 II
轨道交通电子设备 RAMS 评价实施指南 1
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
3.1 术语和定义 1
3.2 缩略语 2
4　RAMS 活动管理 2
4.1 角色定义及分工 2
4.2 产品 RAMS 要求的确立 3
4.3 RAMS 工作要求 6
5　RAMS 工作项目实施指南 8
5.1 RAMS 要求论证 8
5.2 系统保证计划 9
5.3 可靠性建模 9
5.4 可靠性预计 10
5.5 维修性预计 11
5.6 环境适应性试验 12
5.7 可靠性指标验证 13
5.8 维修性指标验证 13
5.9 初步危害分析 14
5.10 故障报告、分析及纠正措施系统 15
5.11 故障模式、影响及危害性分析 15
5.12 定量危害分析 16
5.13 故障数据收集与分析 17
6　RAMS 工作模板规范 18
6.1 系统保证计划模板 18
6.2 可靠性建模报告模板 18
6.3 可靠性预计报告模板 19
6.4 维修性预计报告模板 19
6.5 环境试验报告模板 19
6.6 可靠性验证试验报告模板 20
6.7 现场数据评估报告模板 20
6.8 故障模式、影响及危害性分析报告模板 21
6.9 定量危害分析报告模板 22

前　言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由广东省电子信息行业协会提出并归口。

本标准起草单位：待定

本标准主要起草人：待定

本标准是首次发布。

轨道交通电子设备 RAMS 评价实施指南

1 范围

本标准适用于城市轨道交通的各类的电子设备开展可靠性、可用性、维修性和安全性(RAMS)活动的管理规范以及RAMS评价工作项目的实施指导。

相关分析项目和技术文件的模板可按照本标准推荐的内容执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用时必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 21562 轨道交通可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例

GB/T 5081 电子产品现场工作可靠性、有效性和维修性数据收集指南

GB/T 7826-2012 系统可靠性分析技术 失效模式和效应分析(FMEA)程序

GB/T 7827-1987 可靠性预计程序

GB/T 7829-1987 故障树分析程序

GJB 450A-2004 装备可靠性通用要求

GJB 841-1990 故障报告、分析和纠正措施系统

GJB 899A-2009 可靠性鉴定与验收试验

GJB 1775-1993 装备质量与可靠性信息分类和编码

GJB/Z 57-1994 维修性分配与预计手册

GJB/Z 145-2006 维修性建模指南

GJB/Z 299C-2006 电子设备可靠性预计手册

GJB/Z 768A-1998 故障树分析指南

GJB/Z 1391-2006 故障模式、影响及危害性分析指南

IEC 61078-2006 可靠性分析技术-可靠性框图和布尔代数法

EN 50126 铁路应用——可靠性、可用性、维修性和安全性的规范和验证

EN 50128 铁路设施 通信、信号和处理系统.铁路控制和防护系统用软件

EN 50129 铁路应用 通信、信号和处理系统—信号的安全相关电子处理系统

3 术语和定义

3.1 术语和定义

产品 item

非限定性术语，用来泛指元器件、零部件、组件、设备、分系统或系统。可以指硬件、软件或两者的结合。

电子设备 electronic equipment

由集成电路、晶体管、电子管等电子元器件组成，应用电子技术（包括）软件发挥作用的设备，包括电子计算机以及由电子计算机控制的机器人、数控或程控系统等。

可靠性 reliability

产品在规定的条件下和规定的时间内，完成规定功能的能力。

可用性 availability

产品在任一时刻需要和开始执行任务时，处于可工作或可使用状态的程度。

维修性 maintainability

产品在规定的条件下和规定的时间内，按规定的程序和方法进行维修时，保持或恢复到规定状态的能力。

安全性 safety

产品所具有的不导致人员伤亡、系统毁坏、财产损失或不危及人员健康和环境的能力。

平均故障间隔时间 mean time between failure（MTBF）

在规定的条件下和规定的时间内，产品寿命单位总数与故障总次数之比。

平均修复间隔时间mean time between maintenance（MTBM）

在规定的条件下和规定的时间内，产品寿命单位总数与该产品计划维修和非计划维修事件总数之比。

危险 hazard

危险是造成人员伤亡、职业病、财产损失或环境破坏的一个或一系列意外事件或状态。

风险 risk

危险风险用于描述危险发生的可能性和危险后果的严重性,用于对危险的评价和控制。

危险可能性 hazard probability

产生某一种危险的事件发生的总的可能性。

危险严重性 hazard severity

对某种危险可能引起的事故的可信的最严重程度的估计。

安全完整性 safety integrity

在规定的时间周期内的所有规定的条件下，安全相关系统成功地完成所需安全功能的概率。

3.2 缩略语

RAMS Reliability, Availability, Maintainbility and Safety

可靠性、可用性、维修性和安全性的缩写。

FMECA Failure Mode Effects and Criticality Analysis

故障模式、影响和危害性分析。

MTBF Mean Time Between Failure

平均故障间隔时间。

4 RAMS 活动管理

4.1 角色定义及分工

4.1.1 订购方

电子设备的订购方，主要职责包括:

——制定并实施RAMS计划,对电子设备寿命周期的RAMS工作进行有效的管理;

——根据电子产品的实际使用需求，提出电子设备的RAMS要求和RAMS工作项目要求；

——对供应商的RAMS工作进行监督，主持并参加RAMS评审，对产品的实际RAMS水平是否达到使用要求进行认定。

4.1.2 供应商

电子设备的供应商，主要职责包括：

——按照订购方提出的使用需求，协助订购方分析电子设备RAMS要求的合理性；

——制定详细的系统保证计划并实施，落实合同要求的各项RAMS工作，保证电子设备达到规定的RAMS要求；

——向订购方提供相关的RAMS报告文档及测试数据等技术资料。

4.1.3 第三方机构

独立于订购方和供应商的第三方检测、培训、服务机构，主要职责包括：

——提供实验室资源，支撑订购方和供应商完成部分试验检测项目,特别是对于影响产品使用的关键RAMS定量指标的验证和开展双方不具备能力开展的试验项目；

——作为第三方专家，参加各项RAMS评审工作；

4.2 产品 RAMS 要求的确立

订购方应对于电子设备的RAMS技术要求提出明确的指标和要求，具体分为环境适应性要求、可靠性要求、维修性要求和安全性要求。

4.2.1 环境适应性要求

环境适应性要求应由订购方明确提出，并由供货方在设计生产中保证，最终产出的产品应经由第三方检测机构验证是否能够达到。

环境适应性要求模板示例见表1。模板中包含环境适应性要求对应的验证项目要求。

表1 环境适应性要求模板示例

条目	应力数值	验证方法	试验条件
工作环境温度		高温工作试验 低温工作试验	
工作环境湿度		湿热试验（通电）	
贮存环境温度		高温贮存试验 低温贮存试验	
贮存环境湿度		湿热试验（不通电）	
温度变化		温度冲击试验	
振动环境		随机振动试验 扫频正弦振动试验	
IP 等级		防水试验 防尘试验	
盐雾环境		盐雾试验	
雷电环境		雷击试验	

环境适应性要求具体的验证工作通过5.6环境适应性验证工作完成。

4.2.2 可靠性要求

可靠性要求应由订购方明确提出，并由供货方在设计生产中保证，最终产出的产品应经由第三方检测机构验证是否能够达到。

在规定电子设备的可靠性定量要求前应首先对故障划分等级，故障按照造成的后果进行分类情况见表2。

表2 故障级别的划分

符号	级别	说明
A	重大的	列车在运营期间，列车不适合继续服务和计划投入客运服务的列车不能在计划的出车时间出车
B	主要的	列车在运营期间，列车运行延误达 2 分钟及以上的初始延误。初始延误，指的是乘客在事故地点发生故障的列车上经历的行程时间延长。
C	微小的	A 类故障和 B 类故障以外、不会影响列车的正常运营的故障。

可靠性要求模板示例见表3。

表3 可靠性要求模板示例

类别	MTBF 目标	单位
A 类故障	≥	(年、月、日、小时等)
B 类故障	≥	(年、月、日、小时等)
C 类故障	≥	(年、月、日、小时等)

可靠性要求的具体验证工作通过5.7可靠性指标验证工作完成。

4.2.3 维修性要求

维修性要求应由订购方明确提出，并由供货方在设计生产中保证，最终产出的产品应经由第三方检测机构验证是否能够达到。

在规定电子设备的维修性定量要求前应首先对维修作业划分等级，维修作业按照维修的难易程度划分见表4。

表4 维修作业级别的划分

符号	级别	说明
A	在线可更换单元	
B	不起车维护作业	
C	起车维护作业	

维修性要求模板示例见表5。

表5 维修性要求模板示例

类别	MTTR 目标	单位
在线可更换单元	≤	(年、月、日、小时等)
不起车维护作业	≤	(年、月、日、小时等)
起车维护作业	≤	(年、月、日、小时等)

维修性要求的具体验证工作通过5.8维修性指标验证工作完成。

4.2.4 安全性要求

安全性要求应由订购方明确提出，并由供货方在设计生产中保证，研制产品应由供货方开展安全性分析工作，交由订购方或第三方检测机构评审。

在规定电子设备的安全性要求前应首先对危险可能性等级、危险严重性等级、风险控制矩阵做出规定。危险可能性等级划分方式见表6。

表6 危险可能性等级

类别		定义	频率基准
F1	经常	很可能经常发生，危害将长期存在。	1 年内发生多于 10 次
F2	可能	将发生几次，危害可以预期经常发生。	1 年内发生 1 次至 10 次
F3	偶尔	可能发生几次，危害可以预期有几次发生。	1 至 10 年内发生 1 次
F4	罕见	在产品寿命周期内可能偶尔发生，危害可以合理地预期发生。	10 年至 100 年内发生 1 次
F5	不太可能	几乎不发生，但可能发生。可假定危害可预期发生。	100 年至 1000 年内发生 1 次
F6	不可能	几乎完全不发生。可假定危害不会发生。	1000 年或以上发生 1 次

危险严重性等级划分方式见表7。

表7 危险严重性等级

类别		定义
S4	灾难性	重伤（多于 5 人）或导致死亡（多于 1 人）/整个系统失灵，需要关闭车站或隧道区间进行维修（多于 1 天）
S3	严重的	轻伤（多于 100 人）或重伤（少于 5 人）或导致死亡（1 人）/系统失灵，需要关闭车站或隧道区间进行维修（少于 1 天）
S2	普通的	轻伤（少于 100 人）/需要紧急维修，对服务造成较长延误（少于 1 小时）
S1	轻微	可能出现轻伤/需要紧急维修，对服务造成短暂延误（少于 20 分钟）
SS	没有影响	对人没有安全影响/对轨道交通系统没有服务影响

针对每个危险应分析确定其危险可能性等级和危险严重性等级，并确保全部危险满足风险控制矩阵的要求，见表8。

表8 风险控制矩阵

发生概率	风险等级				
F1 经常	可接受	不理想	不可接收	不可接收	不可接收
F2 可能	可接受	可容忍	不理想	不可接收	不可接收
F3 偶然	可接受	可容忍	不理想	不理想	不可接收
F4 罕见	可接受	可接受	可容忍	不理想	不理想
F5 不太可能	可接受	可接受	可接受	可容忍	可容忍
F6 不可能	可接受	可接受	可接受	可接受	可接受
	SS 没有影响	S1 轻微	S2 普通	S3 严重	S4 灾难性
	严重程度				

对各类危险的控制应满足风险等级控制准则的有关规定，见表9。

表9 风险等级和控制准则

风险类别	风险级别	定义
不可接受	R1	必须消除或降低有关风险 ● 在系统设计上必须优先提出及落实合理可行的风险控制及减轻措施 ● 在项目各阶段内必须优先处理及确保有关风险

		能够消除或降低
不理想	R2	必须尽量降低有关风险 ● 在系统设计上及时提出及落实合理可行的风险控制及减轻措施。 ● 在项目各阶段内确定系统设计已根据现有最新规范及标准，以及风险控制及减轻措施是不可行或未能符合成本效益后，经过业主同意后，方可接受有关风险。
可容忍	R3	需要尽量降低有关风险 ● 在项目各阶段内及时提出及落实合理可行的风险控制及减轻措施 ● 在项目各阶段内确定系统已具备足够的风险控制及减轻措施，经过业主及咨询公司同意后，方可接受有关风险
可接受	R4	可接受的风险等级 ● 可以提出及落实其它合理可行及符合成本效益的风险控制及减轻措施 ● 在其它项目各阶段内，需要持续的监察及维持

产品的安全性要求为安全性分析中发现的全部风险应符合风险控制矩阵的要求。

安全性要求主要靠5.9初步危害分析、5.12定量危害分析工作完成。

4.3 RAMS 工作要求

4.3.1 工作项目要求

订购方应根据项目的实际需求，编制项目的《RAMS技术要求》，提出明确的产品研制过程中应开展的各项RAMS活动，以及需要提交的RAMS文件。

供货方应按照订购方的《RAMS技术要求》开展各项工作，并提交相应的RAMS报告文件，包括设计文档和测试验证报告。

《RAMS技术要求》中规定的RAMS工作项目一般包括：

a)RAMS要求论证

b)系统保证计划

c)可靠性建模

d)可靠性预计

e)维修性预计

f)环境适应性试验

g)可靠性指标验证

h)维修性指标验证

i)初步危害分析

j)故障报告、分析及纠正措施系统

k)故障模式、影响及危害性分析

l)定量危害分析

m)故障数据收集与分析

企业应成立负责RAMS分析的组织架构进行相关的分析，主力的研发设计师必须参与到过程中。在从立项到研制直至报废的整个寿命周期内，应按以下内容要求开展相应的RAMS工作。

表10 RAMS工作项目内容

序号	工作项目	完成人	工作内容	输出文件
1	RAMS 要求论证	订购方	订购方对各类电子设备经过反复论证，提出明确的 RAMS 要求。各供应商确定供应关系后，应将《项目 RAMS 通用技术要求》从订购方纳入到《研制任务书》中。	《项目 RAMS 通用技术要求》 《研制任务书》
2	系统保证计划	供应商	在 RAMS 通用要求在研制开始之前由供应商制定系统保证计划，作为保证所供货产品的贯穿全寿命周期的可靠性、可用性、维修性和测试性的纲领文件。	《系统保证计划》
3	可靠性建模	供应商	建立产品的可靠性模型，用于定量分配、预计和评价产品的可靠性。	《可靠性建模分析报告》
4	可靠性预计	供应商	预计产品的基本可靠性和任务可靠性，评价设计方案能否满足规定的可靠性定量要求。在设计阶段用于产品薄弱环节分析、对比不同设计方案的可靠性，为设计改进和方案优化提供依据。为其他 RAMS 分析方法如可靠性分配、FMECA、维修性预计、定量危害分析等提供数据支持。	《可靠性预计报告》
5	维修性预计	供应商	供应商应按确定的维修等级分别对产品进行维修性预计,得到 MTTR 的预计值，经过维修性预计得到的结果应能表明该产品是否满足规定的所有维修性要求	《维修性预计报告》
6	环境适应性试验	订购方 供应商 第三方机构	验证电子设备能否耐受各类环境条件，达到各项环境适应性要求。	《环境适应性试验报告》
7	可靠性指标验证	订购方 供应商 第三方机构	评估产品在典型工作环境条件下的可靠性水平，验证产品是否满足规定的可靠性指标要求。	《可靠性指标验证报告》
8	维修性指标验证	供应商	通过开展维修性试验的方法，验证产品的维修性指标是否满足规定的要求。	《维修性指标验证报告》
9	初步危害分析	供应商	在产品研制的初期，通过检查和分析，识别产品方案中可能存在的固有危险因素，为后续的安全性设计	《初步危害分析报告》

			和分析活动提供参考和依据。	
10	故障报告、分析及纠正措施系统	订购方 供应商	建立故障报告、分析和纠正措施系统，对于电子设备全寿命周期的故障信息进行收集和分析。	无文件要求。需建立数据库，支撑其他项目的分析工作。
11	故障模式、影响及危害性分析	供应商	在研制阶段分析各种失效模式的影响，为后续的安全性设计和分析活动提供参考和依据。	《故障模式、影响及危害性分析报告》
12	定量危害分析	供应商	在产品定型后，定量分析安全危害的大小。	《定量危害分析报告》
13	故障数据收集与分析	订购方 供应商	在全寿命周期内收集产品的故障数据，分析产品的可靠性指标是否满足要求。	《故障数据收集与分析报告》

4.3.2 要求的检查

订购方应对供应商开展的各项RAMS工作项目的情况以评审会议、实物检查和文件审核等形式进行检查。

（1）评审会议

必须邀请独立于订购方和供货方的第三方的专家作为答辩专家组成员，所占比例不得低于10%。

（2）实物检查

专家评审组应现场对产品实物做检查，验证产品的功能、性能是否满足研制任务书的要求。检查相关的RMAS验证与分析的情况是否与实物相一致。

（3）文件审核

各项RAMS分析工作必须规范，参考对应的GB、TB和IEC等相关标准。推荐按照本标准第6章的模板编写相关文件。各类分析工作应遵循以下原则:

a)各类分析报告中应对产品的各模块单元使用统一编号；

b)各类分析报告中的数据来源如出现互相引用，必须应标注清晰。

c)各类分析报告中应给出明确的分析结论，产品的相关项目是否能够达到供货方提出的RAMS要求。

5 RAMS 工作项目实施指南

RAMS的各工作项目开展的目的、开展时机和工作要点规定如下。

5.1 RAMS 要求论证

5.1.1 目的

订购方对各类电子设备经过反复论证，提出明确的RAMS要求。订购方最终论证后的产品RAMS要求需要发布正式的研制任务书给供应商确认，并形成相关的工作要求《RAMS技术要求》给供应商，内容见4.3RAMS工作要求。

5.1.2 开展时机

在发布招标文件和签订研制任务书之前。

5.1.3 工作要点

（1）RAMS要求的论证应对于具体的电子设备确定定性和定量要求。定量要求主要为是可靠性的MTBF指标和维修性的MTTR指标。

（2）对于定性要求主要包括环境适应性要求和安全性要求，环境适应性要求为电子设备应能够耐受的各类环境条件，应给出具体的试验验证方法，安全性要求为产品应满足的SIL等级。

（3）如对于电子设备的定量指标要求源自于对于系统的分解，订购方应采用可靠性分配和维修性分配技术方法。

（4）具体要求的内容可参考4.2产品RAMS要求的确立。

5.2 系统保证计划

5.2.1 目的

在RAMS通用要求在研制开始之前由供货方制定系统保证计划,作为保证所供货产品的贯穿全寿命周期的可靠性、可用性、维修性和测试性的纲领文件。

5.2.2 开展时机

响应研制任务书之后，开展正式的设计分析之前。

5.2.3 工作要点

（1）系统保证计划应包含产品全寿命周期的全部可靠性、可用性、维修性和安全性的工作项目，不但包含产品交付前的各阶段，还包括产品交付后的使用维护阶段。

（2）系统保证计划所提出的工作项目应确保实实在在开展。

（3）文件模板可参考见6.1系统保证计划模板。

5.3 可靠性建模

5.3.1 目的

建立产品的可靠性模型，用于定量分配、预计和评价产品的可靠性。

5.3.2 开展时机

在研制初期的方案设计阶段开始，并在整个研制过程中持续迭代、更新和完善。

5.3.3 工作要点

（1）可靠性建模报告的内容包括但不限于

a)可靠性框图；

b)输入数据说明；

c)可靠性框图单元的概要说明；

d)可靠性计算得出任务可靠性结果；

e)分析中进行的所有假设清单,并说明分析所使用的数据及其来源；

f)供应商在设计审查阶段提交可靠性建模分析报告,并在余下工程阶段进行更新；

g)在首件检查阶段提供最终版的可靠性建模分析报告；

h)可靠性模型应包括可靠性框图和相应的数学模型。

（2）可靠性模型应随着可靠性和其他相关试验获得的信息，以及产品结构、使用要求和使用约束条件等方面的更改而更改。

（3）文件模板可参考6.2可靠性建模报告模板。

5.3.4 方法步骤

可靠性建模的分析方法和步骤如下，更详细的资料可参照标准GJB 813。

（1）分析系统的组成清单，包括设备类型、所包含模块、并对设备进行编码；

（2）定义故障判据；

（3）按照技术要求中的规定，明确产品的任务及对应的MTBF指标；

（4）说明开展分析的假设条件进行，重点说明对系统中的简化和特殊处理之处；

（5）整理列出“任务-功能-设备-模块-元器件”的对应关系；

（6）绘制基础可靠性框图，即全部单元的串联结构；

（7）由局部至整体地绘制每个任务对应的任务可靠性框图，复杂系统的任务可靠性框图可以用一系列的基本模型组合得到，包括串联模型、并联模型、表决模型、热储备模型、冷储备模型等；

（8）建立模型的数学表达式，通过普通概率法、布尔代数法和蒙特卡罗模拟等方法计算出可靠性框图对应的数学表达式。

5.4 可靠性预计

5.4.1 目的

（1）预计产品的基本可靠性和任务可靠性，评价设计方案能否满足规定的可靠性定量要求。

（2）在设计阶段用于产品薄弱环节分析、对比不同设计方案的可靠性，为设计改进和方案优化提供依据。

（3）为其他RAMS分析方法如可靠性分配、FMECA、维修性预计、定量危害分析等提供数据支持。

5.4.2 开展时机

在研制初期的方案设计阶段开始，并在整个研制过程中持续迭代、更新和完善。

5.4.3 工作要点

（1）可靠性预计的结果与可靠性预计方法和参考标准手册的选择有关，供应商应按照rams技术要求规定的方法和手册进行预计，常用的可靠性预计标准手册包括：

a)MIL-HDBK-217

b)GJB/Z 299C

c)GJB 108A

d)IEC 62509

（2）为保证预计结果的真实性，对于所采用可靠性预计方法的实施细节，必须在预计报告等技术文档中详细说明，如所做的假设条件、特殊处理情况、预计模型系数选取。

（3）文件模板可参考6.3可靠性预计报告模板。

5.4.4 方法步骤

（1）分析系统组成清单，包括设备类型、所包含模块、并对设备进行编码。（如已开展可靠性建模，可直接采用可靠性建模的结果）。

（2）收集产品的BOM清单，主要是电子设备的元器件信息，包括器件名称、器件类型、型号规格、数量。

（3）对于电子元器件确定所处环境类别（平台环境）及具体的环境条件（主要包括温度、电应力）。环境条件如有实测数据，可采用实测数据，如没有可参考仿真和估计值。

（4）根据标准根据可靠性预计标准手册中每一类元器件的可靠性预计模型,预计出BOM表中每一个元器件的失效率。

（5）按照组成结构层级汇总预计结果，计算出各个模块、部件直到设备的失效率预计值。

（6）根据各个任务对应的任务可靠性模型，计算出各个任务的失效率预计值。

（7）预计出来的失效率值和可靠性指标MTBF值应与《RAMS通用技术要求》和《订购技术规范》中的规定值做对比核算，满足项目的要求。

5.5 维修性预计

5.5.1 目的

供应商应按确定的维修等级分别对产品进行维修性预计,得到MTTR的预计值，经过维修性预计得到的结果应能表明该产品是否满足规定的所有维修性要求；

5.5.2 开展时机

在研制初期的方案设计阶段开始，在可靠性预计工作完成后开展，并在整个研制过程中持续迭代、更新和完善。

5.5.3 工作要点

（1）维修性预计报告应当包含但不限于以下内容：

a)采用的维修性预计方法说明；

b)在预计模型中各种参数（维修任务和维修时间）的设定数值；

c)分析中进行的所有假设清单，并说明分析所使用的数据及其来源；

d)维修性预计结果的分析和说明；

e)供应商在设计审查阶段提交维修性预计报告,并在余下工程阶段进行维修性预计报；

f)告的更新,在首件检查阶段提供最终版的维修性预计报告。

（2）维修性预计报告应在整个产品研制阶段不断更新。

（3）文件模板可参考6.4维修性预计报告模板。

5.5.4 方法步骤

进行维修性预计时,应该采用GJB/Z 57《维修性分配与预计手册》规定的方法进行，如采用其他标准或手册规定的分析方法，需要在预计报告中进行特殊说明。

产品维修性预计的一般步骤如下：

（1）使用需求分析。确定产品的使用要求、环境条件和其他约束条件，确定其寿命剖面、任务剖面。

（2）功能层次分析。确定产品各组成部分的功能层次，由系统逐步分解到所需层次的可更换单元，绘制系统功能层次图，描述从系统轨道每一个低层次产品的层次关系以及所需要的维修活动和措施。层次多少按产品复杂程度而定。可借鉴可靠性建模分析的结果。

（3）确定维修方案。根据维修策略和保障方案等确定各维修级别的任务、职能和分工，绘制维修职能流程图，在每一个维修级别上，对修复性维修和预防性维修的过程分别提出要点，找出各项职能之间的相互联系。

（4）对于底层单元，可列出每个故障模式的维修作业的时间构成，估计每个维修步骤的时间，分析每个故障模式的占比，求出底层单元的平均修复时间。

（5）根据收集到的现场故障数据，估计整个产品的平均修复时间。

5.6 环境适应性试验

5.6.1 目的

验证电子设备能否耐受各类环境条件，达到各项环境适应性要求。

5.6.2 开展时机

在样机出来实物之后进行，并随着样机软硬件版本更新进行多次。

5.6.3 工作要点

（1）根据产品所受的环境应力和工作应力合理设计试验条件
（2）明确产品的功能性能指标测试项目、测试方法和测试判据
（3）对于试验过程出现的故障应开展故障归零验证，结果纳入到故障报告、分析及纠正措施系统

5.6.4 方法步骤

（1）确定试验的标准大气条件
温度：15～35℃；
相对湿度：20%～80%;
气压：试验场所的气压。
（2）保证试验设备以及测试仪器、仪表应能保证产生和保持试验所需的试验条件，且必须经过计量、校准、检定合格并在有效期内。所有仪器、仪表应满足以下要求：
其精度至少应为被测参数容差的三分之一；
其标定应能追溯到国家最高计量标准。
（3）确保试验条件允许误差应满足GJB150.1－86中3.2的要求，即符合以下规定：
温度：温度稳定后±2℃；
相对湿度：湿度稳定后±5％；
振动：随机振动功率谱密度±3dB。
（4）安装试验样品
若无其它规定，受试样机在试验中应模拟实际使用状态安装、连接，并按需要附加测试设备。实际工作中使用而在试验中不用的插头、外罩及检测板应保持原状。实际工作中加以保护的而在试验中不用的机械或电气连接处应加以适当的覆盖。对那些要求控制温度的试验，受试样机应在正常试验的标准大气条件下进行安装，并应尽可能安装在试验设备中央，如果受试样机在试验过程中需要工作，则安装时应满足这种要求。
受试样机与试验箱壁、箱底及箱顶之间应满足GJB150要求。受试样机安装完成以后，如需要应进行工作检查，不应发生因安装不当而造成故障。
（5）等待试验样品条件稳定
受试样机处于工作状态。若无其它规定，当受试样机热容量最大的部件每小时温度变化不大于2℃时，则认为该受试样机达到了温度稳定。
受试样机处于非工作状态。若无其它规定，当受试样机热容量最大的部件温度与规定的温度相差在2℃以内时，则认为该受试样机达到了温度稳定。但任何一个关键部件应在1℃以内。结构件或无源件通常不用考虑温度稳定。
（6）试验记录及报告

试验记录应包括：试验时间、试验地点和参试人员，试验设备、测量仪器仪表的名称、型号和标定检查结果；试验时的大气条件；试验顺序和试验程序；受试样机性能的检测数据等，以便为环境试验报告提供完整、准确的原始数据。试验记录应有参加试验人员签字。

试验报告应对试验的全过程进行概述，并给出试验的结论。

（7）试验中断处理

试验中断处理按GJB150.1－86中3.6的要求进行。即：

a)容差范围内的中断

当中断期间试验条件没有超出允许误差范围时，中断时间应作为总试验持续时间的一部分。

b)欠试验条件中断

当试验条件低于允许误差下限时,应从低于试验条件的点重新达到预先规定的试验条件,恢复试验,一直进行到完成预定的试验周期。

c)过试验条件中断

当出现过度的试验条件时，最好停止此试验，用新的试验样品重做。如果过试验条件不会直接造成影响试验样品特性的损坏，或者此试验样品可以修复，则可按以上b条处理。如果以后试验中出现试验样品失效，则应认为此试验结果无效。

（8）文件模板可参考6.5环境试验报告模板

5.7 可靠性指标验证

5.7.1 目的

评估产品在典型工作环境条件下的可靠性水平，验证产品是否满足规定的可靠性指标要求。

5.7.2 开展时机

产品设计定型、生产定型后

5.7.3 工作要点

（1）可靠性指标验证应参照GB/T 5080或《产品可靠性试验方法》的相关规定进行验证，验证时首先应根据需要证指标的具体数值制定试验方案，包括试验剖面、样品数量、测试判据、接收/拒收数量等关键要素，在依据试验方案完成试验后，应根据试验数据进行指标评估；

（2）可靠性指标验证试验，应在独立第三方检测机构完成验证试验；

（3）验证工作应在较高产品层次上进行，原则上在整机系统级开展，以充分考核接口情况，提高产品试验真实性；

（4）实验室验证的试验剖面应当结合产品特点制定；

（5）产品技术状态应当与交付生产的技术状态保持一致。

（6）模板可参考6.6可靠性验证试验报告模板和6.7现场数据评估报告模板。

5.7.4 方法步骤

（1）除收集外场数据的方法外，也可以采用实验室模拟试验的方法，通过选取一定数量的样品按照一定的试验剖面运行，根据试验时长和故障个数统计分析出产品的MTBF水平，相关试验方法可以参考GJB 899A《可靠性鉴定与验收试验》和GB/T 5080《设备可靠性试验》。

（2）开展试验前应先制定出试验方案，经过订购方和供货商、第三方专家评审通过后，再开展验证试验。试验应在第三方检测机构开展。

5.8 维修性指标验证

维修手册编制。

5.8.1 目的

通过开展维修性试验的方法，验证产品的维修性指标是否满足规定的要求。

5.8.2 开展时机

一般在产品的设计定型阶段进行。

5.8.3 工作要点

（1）维修性验证试验应尽可能类似于使用维修的环境中进行。验证试验通常在规定试验机构进行，并按照维修方案提供维修所需的工作条件、工具、保障设备、备件、设施和技术文件。

（2）维修性验证试验中的维修作业应由试验机构、订购方的维修人员进行（合同规定使用中应由承制方执行的维修作业除外），维修人员应经承制方训练，其数量和技术水平应符合维修方案规定。

（3）在维修性验证试验过程中，试验组应实施经批准的综合保障计划，利用规定的维修保障资源，进行维修作业，以便同时评估所提供的维修保障要素。

（4）验证所选择产品的各个组成部分的技术状态应形成文件，各组成部分和所使用的保障设备应通过物理技术状态审核确认。

（5）验证过程应详细记录，对于各维修级别、各类维修、维修人员完成每次维修作业的总时间，各项维修活动的时间和延误时间等应分别记录。

5.8.4 方法步骤

（1）制订维修性试验计划。

（2）进行试验组织。

（3）实施试验，由维修人员到场及时进行故障检测和排除。

（4）收集与处理数据，监控人员在维修作业记录表中记录数据和实际使用工具、设备、资料的情况，由专职人员对试验的有效数据进行分析、统计计算和判据。

（5）评定试验结果。

5.9 初步危害分析

5.9.1 目的

在产品研制的初期，通过检查和分析，识别产品方案中可能存在的固有危险因素，为后续的安全性设计和分析活动提供参考和依据。

5.9.2 开展时机

在论证阶段，应与论证同步开始拟制初步危险表，在方案论证过程中，应依据设计进展及时对初步危险表进行补充和更新。

5.9.3 工作要点

（1）进行初步危险表分析时，分析人员应包括相关各个专业领域的人员。应将设计知识和危险知识进行比较，并识别可能的危险。

（2）初步危险表是系统研制过程中开展的第一项安全性分析活动，其工作重点是依据系统的研制任务要求和所确定的设计方案，检查并初步识别固有的危险因素，形成危险项目表。

（3）为提高分析的针对性和有效性，研制单位应根据产品历史经验和工程信息等，整理、编制危险检查单，并适时补充和更新。

（4）在识别危险因素的基础上，应分析这些危险因素可能造成的事故或危害及其发生过程，应将其记录在初步危险表中。

5.9.4 方法步骤

（1）定义系统：明确系统的范围和边界，明确任务、任务阶段和环境剖面。了解系统设计、使用方案以及主要的系统部件。

（2）初步危险表工作计划：确定初步危险表分析的目的、定义、工作分解结构、日程安排和流程。确定系统中要分析的单元和功能。

（3）组建团队：挑选所有要参与初步危险表分析的成员，并明确其责任。充分发挥团队成员在不同领域内的专长（如设计、试验、制造等）。

（4）收集资料：收集所有分析必需的设计、使用和过程资料（如设备清单、功能框图和使用方案等）。制成危险检查表，收集有关的经验教训以及其他可用的危险资料。

（5）实施初步危险表检查，评价系统方案设计中的硬件、功能、能源、软件等，与危险检查表比对。

（6）制定危险清单：列出识别到的可能存在的系统危险以及潜在系统。

5.10 故障报告、分析及纠正措施系统

5.10.1 目的

建立故障报告、分析和纠正措施系统(FRACAS)，保证故障信息的正确性和完整性，确立并执行故障记录、分析和纠正程序，审查重大故障、故障发展趋势、纠正措施的执行情况和有效性，防止故障的重复出现，从而使产品的可靠性得到增长。

5.10.2 开展时机

在产品设计阶段开始，贯穿整个产品寿命周期。

5.10.3 工作要点

（1）可参考GJB 841建立FRACAS并保证其贯彻实施；

（2）FRACAS的工作程序应包括故障报告、故障原因分析、纠正措施的确定和验证，以及反馈到设计、生产中的程序；

（3）故障纠正的基本要求是定位准确、机理清楚、能够复现、措施有效；

（4）必要时，可建立故障审查组织和制定故障审查制度，由故障审查组织负责审定故障原因分析的正确性、纠正措施的有效性和执行情况等；

（5）所有故障报告和分析的记录、纠正措施的实施效果及故障审查组织的审查结论应完成归档，使其具有可追溯性。

（6）对于引进和订购的货架产品，如可能，应向供应商索取其故障模式，或从相似功能和相似结构产品中发生的故障模式作基础，分析判断其故障模式。

5.11 故障模式、影响及危害性分析

5.11.1 目的

通过分析发现潜在的薄弱环节，确定每种故障模式可能产生的影响，以及对于设备、系统、人员的相关影响。根据故障影响的严重程度及发生的概率来估计其危害程度，并确定采取设计补偿、使用补偿等补偿措施的有限顺序。

5.11.2 开展时机

研制阶段和生产阶段开展，研制阶段的分析对象为具体产品，生产阶段的分析对象为生产工艺环节。

5.11.3 工作要点

（1）FMECA应与产品设计工作同步并尽早开展，当设计、生产制造、工艺规程等更改，应对更改部分重新分析。

（2）应选取可能引起灾难和致命性故障的产品或可能发生一般性故障但需要立即维修的产品作为最底层产品层次。

（3）模板可参考6.8故障模式、影响及危害性分析报告模板

5.11.4 方法步骤

故障模式、影响及危害性分析的分析方法和步骤如下，更详细的资料可参照标准GJB 1391。

（1）制定FMEA分析表格

选择FMECA分析方法，制定FMECA分析表格，一般选择硬件FMECA方法。

（2）划分约定层次

针对产品的硬件结构层次关系划分约定层次，列出系统组成清单，包括设备类型、所包含模块及数量。

（3）定义故障判据

（4）故障模式分析

根据故障判据的定义，分析产品各个层级可能发生的故障模式，应结合实际发生故障的情况，所分析得出的故障模式应能够覆盖产品真实故障情况。

（5）故障模式影响分析

按照“当前层次-高一层次-最高层次”的顺序，逐层分析产品故障模式的影响。

（6）危害性量化分析

对每个故障模式进行量化打分评级，得出每个故障模式的危害度。

5.12 定量危害分析

5.12.1 目的

定量分析系统可能存在的各类危险的风险，确保系统的所有风险满足风险控制要求。

5.12.2 开展时机

在设计方案完成之后，在初步危险分析的基础上，对于风险较大的危险做定量分析。

5.12.3 工作要点

（1）定量危害分析建议采用故障树分析（FTA）方法，供应商应该针对危险分析中的R1和昀类危险进行量化风险评估。

a)故障树的顶事件是导致事故发生的灾害。

b)在故障树中如果遇到“与门”,则需要考虑共因分析的影响。

c)故障树分析出的危险事件和危险原因,需要计入危险登记簿进行跟踪管理。

d)故障树分析报告应当包括但不局限于:故障树模型图、输入数据说明、顶层事件说明、中间门概要说明/结论、最小割集清单。

e)分析中进行的所有假设清单、基本事件表单,并说明分析所使用的数据及其来源,见附录H。

（2）文件模板可参考6.9定量危害分析报告模板。

5.12.4 方法步骤

（1）顶事件的选取

按照故障树分析的方法，将需要分析的危险事件定义为顶事件。

（2）建造故障树

采用演绎法人工建树，由顶事件向下分析，简述顶事件发生的原因，绘制故障树图。故障树演绎过程中应首先寻找直接原因事件而不是基本事件，应不断利用直接原因事件作为过渡，逐步地无遗漏地将顶事件演绎为基本原因事件。必须将建好的故障树规范化以便于分析，同时尽可能对故障树进行简化和模块分解以节省分析工作量。

（3）对故障树进行定性分析，采用下行法或上行法列出单调树的全部最小割集，并按照割集的阶次进行分类

（4）在各个底事件相互独立和已知其发生概率的条件下，求出单调故障树顶事件发生概率和一些重要度指标。

（5）得出顶事件的后果和发生概率后，根据风险控制矩阵，说明故障的风险是否在可接受、或可容忍范围内，给出分析结论。

（6）供应商应该针对危险分析中的R1和R2类危险进行量化风险评估。

（7）推荐采用故障树分析对子系统进行危险分析.供应商也可以选择其他安全性分析方法,应该在签订合同时可靠性设计。

5.13 故障数据收集与分析

5.13.1 目的

应通过有计划地收集电子设备设备使用期间的各项有关数据,为电子设备设备的使用可靠性评估与改进、完善与改进使用与维修工作以及新研电子设备设备的论证与研制等提供信息。

5.13.2 开展时机

在产品交付使用后。

5.13.3 工作要点

（1）使用可靠性信息包括电子设备设备在使用、维修、贮存和运输等过程中产生的信息，主要有工作小时数、故障和维修信息、监测数据、使用环境信息等。

（2）申报单位应组织制定使用可靠性信息收集计划，计划中应规定的主要内容包括：

a)信息收集和分析的部门、单位及人员的职责；

b)信息收集工作的管理与监督要求；

c)信息收集的范围、方法和程序；

d)信息分析、处理、传递的要求和方法；

e)信息分类与故障判别准则；

f)定期进行信息审核、汇总的安排等。

（3）使用单位应按规定的要求和程序完整、准确地收集使用可靠性信息。按规定的方法、方式、内容和时限，分析、传递和贮存使用可靠性信息。对电子设备设备的重大故障或隐患应及时报告。

（4）使用可靠性信息应按照GJB1775及有关标准进行分类和编码。

（5）使用可靠性信息应纳入故障报告、分析及纠正措施系统。

6 RAMS 工作模板规范

6.1 系统保证计划模板

1 概述
1.1 目的
1.2 范围
1.3 参考文件
1.4 定义和缩写词
2 系统说明
2.1 一般说明
2.2 分解结构
3 合同要求
4 RAMS管理
4.1 RAMS主要活动
4.2 RAMS的执行
4.3 组织和责任
4.4 内部审核程序
5 RAMS规划计划
5.1 分析假设和范围
5.2 RAMS详细活动和时间表
6 RAMS交付文件要求
6.1 可交付文件清单及时间节点
6.2 RAMS定期活动报告

6.2 可靠性建模报告模板

1 分析目的
2 参考标准
3 产品说明
3.1 概要介绍
3.2 组成清单
3.3 技术状态说明
3.4 定量指标要求
4 建模说明
4.1 建模工作流程

4.2 建模分析假设
4.2.1 一般分析假设
4.2.2 针对系统假设
4.2.3 数据假设
5 产品定义
5.1 工作模式
5.2 任务定义
5.3 故障判据定义
6 可靠性建模过程
6.1 可靠性框图
6.2 可靠性指标分析
7 结论和建议

6.3 可靠性预计报告模板

1 分析目的
2 参考标准
3 产品说明
3.1 概要介绍
3.2 组成清单
3.3 技术状态说明
3.4 定量指标要求
4 工作环境分析
5 预计方法说明
5.1 预计方法选取说明
5.2 预计假设说明
6 预计数据说明
7 可靠性预计结果
8 分析结论

6.4 维修性预计报告模板

1 分析目的
2 产品介绍
3 参考标准
4 预计方法说明
5 系统LRU/SRU的划分
6 数据来源说明
7 维修性活动分析
8 维修性预计结果
9 分析结论

6.5 环境试验报告模板

1 样品说明
2 检测地点及环境

3 检测依据
4 检测结果
5 检测流程及结果
6 样品分配表
7 检测设备及仪器
8 检测详细情况

6.6 可靠性验证试验报告模板

1 试验目的
2 试验时间和地点
3 受试样品说明
4 试验方法及要求
4.1 统计试验方案
4.2 试验时间
4.3 故障判据、分类和故障处理
4.3.1 故障判据
4.3.2 故障分类
4.4 试验结果判定
4.5 MTBF的评定
5 试验环境与条件要求
5.1 实验室环境条件
5.2 试验条件
5.2.1 电应力
5.2.2 温度应力
5.2.3 湿度应力
5.2.4 振动应力
6 测试测量要求
6.1 功能和性能测试
6.1.1 测试框图
6.1.2 检测项目和要求
6.1.3 测试方法和步骤
6.1.4 测试时机
6.2 试验设备与测试仪器、仪表
6.2.1 试验设备
6.2.2 测试仪器仪表
7 试验组织及分工
8 试验中断与恢复
9 试验报告

6.7 现场数据评估报告模板

1 主题内容与适用范围
1.1 主题内容

1.2 适用范围
2 试验目的
3 依据和引用文件
4 受试样机
4.1 受试样机的技术状态
4.2 受试样机的功能
4.3 受试样机的组成和数量
4.4 受试样机的外形和安装要求
5 试验方案
5.1 统计试验方案
5.2 试验时间
6 现场试验
6.1 现场试验应力
6.2 试验数据管理
6.2.1 现场试验应力的数据
6.2.2 数据要求
6.2.3 数据收集
6.2.4 数据确认
6.2.5 数据传递
6.3 现场试验时间统计
6.4 现场试验受试样机的检测
6.4.1 测试项目和要求
6.4.2 测试原理框图
6.4.3 测试时机
7 测试仪器、仪表和配试设备
8 故障分类和统计原则
9 故障处理
10 合格与否的判定
11 MTBF的评定
12 受试样机的维护
13 纠正措施的落实
14 试验程序
15 试验报告

6.8 故障模式、影响及危害性分析报告模板

1 概述
2 引用标准
3 产品定义
3.1 结构组成
3.2 功能定义
4 基本原则和假设
4.1 约定层次划分
4.2 故障判据

4.3 故障模式分析
4.4 分析假设
5 严酷度类别定义
6 FMECA分析汇总表
7 分析结论与建议

6.9 定量危害分析报告模板

1 概述
2 引用文件
3 术语定义
4 分析假设
5 安全性工作要求
5.1 风险等级划分
5.2 风险控制要求
6 产品说明
6.1 产品的组成
6.2 产品的设计要求
7 故障树分析
7.1 故障树图
7.2 最小割集分析
7.3 重要度分析
7.4 顶事件概率计算
8 分析结论