电梯系统的需求文档

徐近伟，杨焱景，祁佳怡

1. 列出系统组成，定义失效严重级别，定义目标失效强度

系统组成

该系统主要包括

* **电梯控制器**：主要负责控制电梯的运行，包括电梯的启动、停止、调速、转向、电梯门的开关等。
* **电梯门控制器**：主要负责控制电梯门的开关，包括电梯门的开门、关门、门锁、门锁解除等。
* **电梯按钮**：包括在电梯内部和外部的按钮，用于乘客呼叫电梯或选择电梯所要到达的楼层。
* **楼层指示器**：用于显示当前电梯所在的楼层。
* **电梯轿厢**：用于运送乘客或物品。
* **卷扬机**：主要用于升降电梯轿厢。
* **限速器**：用于控制电梯的速度，避免电梯超速。
* **安全钳**：用于紧急制动电梯，避免电梯意外坠落。
* **电气控制柜**：主要包括电气元器件、电线、开关等，用于控制电梯的电气系统。
* **机房**：用于放置电梯的控制设备和电气设备。
* **电梯井道**：用于安装电梯轿厢、卷扬机等电梯设备的垂直通道。
* **电梯门**：用于限制电梯轿厢进出口。
* **安全装置**：包括电梯门锁、限位开关、安全钳等，用于保证电梯运行过程中的安全性。

失效严重级别

系统失效的严重程度是指系统出现故障或失效时，对人身安全、财产安全、生产效率等方面的影响程度。针对电梯系统，以下是对系统失效严重程度的详细定义：

* **人身安全**：电梯系统失效可能导致人员被困、被伤害或生命危险。如果电梯系统失效对人身安全造成威胁，那么这种失效的严重程度**非常高**。
* **财产安全**：电梯系统失效可能导致电梯轿厢内的货物、设备等财产损坏。如果电梯系统失效对财产安全造成威胁，那么这种失效的严重程度**较高**。
* **生产效率**：电梯系统失效可能导致乘客等待时间延长，影响生产、工作效率。如果电梯系统失效对生产效率造成较大影响，那么这种失效的严重程度较高。

综上所述，电梯系统失效的严重程度应该根据对人身安全、财产安全、生产效率等方面的影响程度进行评估以下设定一组失效强度定义。

S1：电梯系统失效对人身安全、财产安全和生产效率没有任何影响，仅有轻微的不便。

S2：电梯系统失效对人身安全、财产安全和生产效率影响很小，但需要一定的时间和成本来解决。

S3：电梯系统失效对人身安全、财产安全和生产效率造成一定的影响，需要采取一定的紧急措施来解决。

S4：电梯系统失效对人身安全、财产安全和生产效率造成较大的影响，需要采取紧急措施并停用电梯系统。

S5：电梯系统失效对人身安全、财产安全和生产效率造成重大的影响，需要采取紧急措施并停用电梯系统，直到问题得到彻底解决。

S6：电梯系统失效造成人员受伤或轻微财产损失，但生产效率没有受到影响。

S7：电梯系统失效造成人员受伤或较大财产损失，但生产效率没有受到影响。

S8：电梯系统失效造成人员受伤或重大财产损失，并对生产效率造成一定影响。

S9：电梯系统失效造成人员生命危险或巨大财产损失，并对生产效率造成较大影响。

S10：电梯系统失效造成人员死亡或巨大财产损失，并对生产效率造成重大影响。

定义目标失效强度

目标失效强度（Target Failure Intensity，TFI）是指在给定的使用时间内，系统或设备发生失效的概率或频率。TFI通常是在设计或评估系统或设备可靠性时使用的一个指标，它可以帮助工程师评估系统或设备的可靠性，并决定是否需要采取措施来降低失效概率或频率。

TFI可以用以下公式来计算：

TFI = (失效数 ÷ 使用时间) × 失效模式数

其中，失效数是指在给定的使用时间内发生的失效事件数量，失效模式数是指系统或设备可能发生的失效模式数量。

对于电梯系统，可以根据实际情况制定目标失效强度，例如：

目标失效强度为每年不超过1次失效事件，以确保电梯系统的稳定运行和安全性。即TFI=1失效/年

2. 选择适用的可靠性增长模型，简述原因、

对于电梯系统可靠性增长模型，本文选择Weibull分布模型作为可靠性增长模型的原因主要有以下几点：

* **能够反映失效率的变化特性**：Weibull分布模型是一种常用的可靠性增长模型，其可以反映电梯系统的失效率在时间上的变化特性。在电梯使用的不同阶段，由于环境、负荷、振动等因素的影响，电梯系统的失效率可能会发生变化。Weibull分布模型可以通过拟合失效数据，反映这种失效率的变化特性，从而更加准确地评估电梯系统的可靠性水平。
* **适用性广泛**：Weibull分布模型适用于多种失效模式和失效机理的电梯系统，可以对不同类型的失效数据进行拟合和分析。这种模型的具体形式可以根据电梯系统的失效数据，进行参数估计和拟合，从而得到失效率曲线和可靠性水平。
* 数学计算较为简单：Weibull分布模型的数学计算相对简单，可以通过常见的统计软件进行计算和分析，方便使用。同时，该模型也有一些常用的可靠性增长指标，如可靠度增长率、失效率曲线斜率等，可以直观地反映电梯系统的可靠性增长情况。
* 研究成熟：Weibull分布模型在可靠性工程领域的应用较为广泛，相关理论和方法也比较成熟。因此，选择Weibull分布模型作为可靠性增长模型，可以借鉴前人的研究成果和经验，提高研究效率和准确性。
* **介于BE和LP两个可靠性增长模型之间**，综合了二者的优点，避免了缺点

综合来看，Weibull分布模型是一种常用的可靠性增长模型，具有适用性广泛、能够反映失效率变化特性、数学计算简单、研究成熟等优点，因此在评估电梯系统的可靠性增长时，选择Weibull分布模型是一种较为合理的选择。

3. 选择系统容错技术，设计容错设施

针对以上系统，选择系统容错技术是非常重要的一步，以确保系统的可靠性和稳定性。系统容错技术可以在系统遭受到意外故障或异常情况时，保证系统能够继续正常运行或快速恢复，以避免严重的后果和损失。

在电梯系统中，我们设计以下三种容错技术，和对应的容错设置：

* 冗余设计：冗余设计是指在电梯系统的关键部位或关键元件中增加冗余备件，以提高系统的可靠性和容错能力。例如，在电梯控制系统中，可以采用**双机热准备或双机冷准备**等冗余设计方案，以保证在主控制器故障时，备控制器能够自动接管并继续控制电梯的运行。
* 自适应控制：自适应控制是指电梯系统能够根据实际运行情况，**自动调整控制参数和运行模式**，以适应不同的负荷和环境条件。例如，在高峰期或非高峰期，电梯系统可以自动调整运行速度和电梯停靠楼层等参数，以提高系统的运行效率和容错能力。
* 故障检测与诊断：故障检测与诊断是指电梯系统能够自动检测和诊断故障，并给出相应的报警提示和处理建议。例如，在电梯系统中，可以设置各种**传感器和监测装置**，对电梯的运行状态和性能进行监测和检测，一旦出现异常情况，系统就会自动发出**警报**并采取相应的措施。

4. 定义系统的操作模式和各个模式下的操作剖面

根据题目描述，本文定义电梯系统的操作模式和各个模式下的操作剖面如下：

* **自动模式**：在自动模式下，电梯系统将自动控制电梯的运行，根据乘客的需求和电梯的运行状态，自动选择最优的运行方案。在这种模式下，乘客只需要按下所需的楼层按钮，电梯系统就会自动选择最优的电梯，并将乘客送到所需的楼层。操作剖面包括：按下所需的楼层按钮，等待电梯到达，进入电梯，选择目标楼层，等待电梯到达目标楼层，离开电梯。
* **手动模式**：在手动模式下，电梯系统将停止自动控制电梯的运行，乘客需要手动操作电梯的运行。在这种模式下，乘客需要使用手动控制器或操作面板，手动选择电梯的运行方向和目标楼层。操作剖面包括：使用手动控制器或操作面板，选择电梯的运行方向和目标楼层，等待电梯到达，进入电梯，等待电梯到达目标楼层，离开电梯。
* **紧急模式**：在紧急模式下，电梯系统将立即停止运行，并采取相应的措施，以应对紧急情况。在这种模式下，乘客需要按下紧急按钮或使用手动控制器，触发紧急停止和救援程序。操作剖面包括：按下紧急按钮或使用手动控制器，触发紧急停止和救援程序，等待救援人员到达并采取相应的措施。

不同的操作模式适用于不同的情况和需求，乘客需要根据实际情况选择相应的操作模式，以保障电梯系统的安全和稳定运行

5. 给出测试用例数量分配方案，定义系统的测试剖面

1. 针对电梯系统，可以根据系统的功能和需求，制定以下测试用例数量分配方案：

* **自动模式**测试用例：在自动模式下，需要测试电梯系统自动寻找最优运行方案的能力，以及按照乘客需求正确运行的能力。可以设置至少100个测试用例，涵盖不同楼层、电梯数量、运行状态等情况。
* **手动模式**测试用例：在手动模式下，需要测试电梯系统手动控制的能力，以及手动控制器或操作面板的可靠性和稳定性。可以设置至少50个测试用例，涵盖不同楼层、运行方向、目标楼层等情况。
* **紧急模式**测试用例：在紧急模式下，需要测试电梯系统的紧急停止和救援程序的可靠性和有效性。可以设置至少20个测试用例，涵盖不同紧急情况、紧急按钮或手动控制器的使用等情况。

1. 测试剖面定义：

* **测试输入**：测试输入涵盖了电梯系统的各种输入信息，如乘客的楼层选择、手动控制器的操作、紧急按钮的触发等。
* **测试输出**：测试输出涵盖了电梯系统的各种输出信息，如电梯的运行状态、运行方向、目标楼层等。
* **测试执行过程**：测试执行过程涵盖了测试用例的执行过程，包括输入信息的模拟、输出信息的记录和分析、异常情况的处理等。
* **测试环境**：测试环境涵盖了测试所需的硬件和软件环境，如测试用例的执行设备、测试数据的准备和管理、测试人员的资质和能力等。

测试用例数量的分配应该根据实际情况和需求进行调整，以保证测试的全面性和有效性。测试剖面的定义可以帮助测试人员更好地理解和执行测试任务，确保测试的质量和效率。

6.基于一个模块或操作定义等价划分(类)和测试用例

7. 基于一个测试剖面确定测试规程（参考第6章ppt第11页），并采用伪代码形式给出测试脚本

8. 分配系统测试时间，定制测试计划

9. 试基于失效时间记录，计算并绘制λ'-μ'、μ'-t和λ'-t趋势图

10. 试就BE和LP可靠性增长模型，计算可靠性模型参数

11\*. 按照λ'-μ'绘制控制图，测试BE和LP拟合模型的控制效果

输入：任一组失效记录，拟合好的BE模型和LP模型

以3~5个失效为一组，计算失效强度的采样值λ'；根据拟合模型计算的λ为期望值

绘制控制图，注意：方差可以根据泊松模型计算

12. 绘制可靠性判定表，令开发者风险为α，客户风险为β，分辨率为γ

输入：任一组失效记录的最后6项数据，λ为拟合模型计算的最终失效强度

分别令：α, β=0.05, 0.001; γ=2, 1.5四种情形绘制可靠性判定表

说明目标产品是否可以接受，简述原因

13. 试就拟合后的BE和LP模型，模拟失效记录出现遗漏时的场景

输入：拟合好的BE模型和LP模型，采用二阶段遗漏模型

令阈值a = 30个失效；分别令<p1, p2> = <0.1, 0.2>, <0.2, 0.1>, <0.1, 0.1>

要求：每次模拟至少生成100个失效记录，按λ'/λ的均值或盒图\*绘制

提示：可以根据单位时间，按时间段模拟失效数据，采用n随机数方法

14. 试考虑操作剖面发生变更后，如何调整目标失效强度λ的计算值

输入：操作剖面，任一个失效记录（测试时间为失效记录的总时间），拟合的BE和LP模型

采用随机方法重新生成2~3个操作剖面

基于BE模型和LP模型重新计算失效强度λ