

## 中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 3278—2011/IEC 62278-3:2010

---

### 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 21562 中 机车车辆 RAM 的应用指南

Railway applications – Specification and demonstration of reliability,  
availability, maintainability and safety (RAMS) – Guide to the  
application of GB/T 21562 for rolling stock RAM  
(IEC 62278-3:2010, IDT)

2012-09-11 发布

2013-01-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

目次

前言 ..... III

引言 ..... IV

1 范围 ..... 1

2 术语和定义 ..... 1

3 本标准采用的方法 ..... 1

3.1 总则 ..... 1

3.2 在机车车辆的寿命周期阶段中涉及的实体 ..... 2

4 本标准的应用 ..... 2

4.1 应用的对象 ..... 2

4.2 GB/T 21562 的应用 ..... 2

5 规定 RAM 要求 ..... 3

5.1 简介 ..... 3

5.2 初步 RAM 分析 ..... 3

5.3 RAM 要求 ..... 8

5.4 选择 RAM 指标过程 ..... 14

5.5 RAM 规划 ..... 14

6 在寿命周期期间 RAM 的保证 ..... 25

6.1 总则 ..... 25

6.2 投标阶段 ..... 25

6.3 设计阶段 ..... 26

6.4 验证阶段 ..... 28

7 并入 LCC 模型的 RAM 参数 ..... 30

7.1 总则 ..... 30

7.2 LCC 模型综览 ..... 30

7.3 LCC 的 RAM 参数 ..... 31

附录 A(资料性附录) 分解结构(示例) ..... 32

A.1 引言 ..... 32

A.2 简介 ..... 32

参考文献 ..... 44

图 1 可靠性预计卡片示例 ..... 18

图 2 预防性维修分析卡片示例 ..... 20

图 3 单频度预防性维修分析卡片示例 ..... 21

图 4 修复性维修分析卡片示例 ..... 22

图 5 产品 FMECA 卡片示例 ..... 24

图 6 功能 FMECA 卡片示例 ..... 24

图 7 RAM 规划和寿命周期阶段 ..... 25

图 8 在机车车辆寿命周期某些阶段期间的用户、主供应商和子供应商之间可能关系 ..... 25

图 9 设计阶段工作或文件的流程图 ..... 26

图 A. 1 用组织图表表示的 EMU 物理结构示例 ..... 32

图 A. 2 用组织图表表示的 EMU 功能结构示例 ..... 33

图 A. 3 用树状分解图表表示的 EMU 结构示例 ..... 40

图 A. 4 用树状分解图表表示的 EMU 拖车结构示例 ..... 43

表 1 职责的可能分配 ..... 2

表 2 描述分解结构标题的最小数据集示例 ..... 6

表 3 描述分解结构的最小数据集示例 ..... 6

表 4 RAM 失效种类 ..... 7

表 5 重大失效规范 ..... 7

表 6 重要失效规范 ..... 8

表 7 次要失效规范 ..... 8

表 8 失效种类的可靠性要求 ..... 9

表 9 可维修性的定性要求 ..... 9

表 10 预防性/修复性维修的要求 ..... 11

表 11 后勤保障的要求 ..... 11

表 12 维修费用要求 ..... 12

表 13 可用性要求 ..... 14

表 14 分析模板标题的最小数据集示例 ..... 17

表 15 可靠性预计卡片的最小数据集示例 ..... 17

表 16 预防性维修卡片的最小数据集示例 ..... 20

表 17 修复性维修卡片的最小数据集示例 ..... 22

表 18 产品 FMECA 卡片的最小数据集示例 ..... 23

表 19 设计阶段主要工作的描述 ..... 27

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用翻译法等同采用 IEC 62278 - 3:2010《轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例 第3部分:GB/T 21562 中机车车辆 RAM 的应用指南》。

本标准做了以下编辑性修改:

- 修改了标准名称《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 21562 中机车车辆 RAM 的应用指南》,修改了对应英文名称《Railway applications - Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS) - Guide to the application of IEC 62278 for rolling stock RAM》;
- 修改了货币单位,“€”改为“¥”;
- 修改了图 1 可靠性预计卡片示例中“MKBF”,改为“MDBF(平均失效间隔距离,Mean Distance Between Failures)”;
- 删除了“6.1 RAM 规划和寿命周期的阶段”标题,同时,第 6 章里的章节标题做相应修改;
- 修改了 7.3 LCC(寿命周期费用,Life Cycle Cost)的 RAM(可靠性 可用性 可维护性,Reliability Availability Maintainability)参数中“维护产品的可靠性[失效率,MTBF(平均失效间隔时间,Mean Time Between Failures)/MTTM(平均修复性维修前时间,Mean Time To Maintenance)/MDBF]”,改为“维护产品的可靠性[失效率,MTBF/MTTF(平均失效前时间,Mean Time To Failures)/MDBF]”;
- 增加了参考文献中的 GB/T 21562—2008(IEC 62278 第一部分已经转换成了 GB/T 21562)。

本标准由南车株洲电力机车研究所有限公司提出并归口。

本标准主要起草单位:株洲南车时代电气股份有限公司。

本标准参加起草单位:南车四方机车车辆股份有限公司、中国北车集团大同电力机车有限责任公司。

本标准主要起草人:邵志和、严云升。

本标准参加起草人:徐春华、杨俊杰。



## 引 言

在轨道交通领域内,GB/T 21562 增强并实现 RAMS 特性相关问题的整体理解,GB/T 21562 规定了在整个轨道交通系统中通常寿命周期内各阶段一系列综合工作。在机车车辆方面,虽然 GB/T 21562 附录中已给出一些样例,但该标准实质上是针对顶层级轨道交通系统的文件。

如同任何其他系统一样,机车车辆的 RAMS 特性(即长期工作运行性能)是整体性能的重要组成部分。机车车辆采购时,在用户、运营者和主要供应商之间的合同条款中就 RAMS 考虑了一些问题。即在机车车辆的合同中,现在已大大加强了运行失效对最终用户的影响和 RAMS 的经济和风险的考虑(即商业远景)。

因此,寿命周期费用(商业经济术语)被用作衡量客户需求满意度和提供 RAMS 重要性的广泛远景。涉及经济考虑时,寿命周期费用方法体现了整体的物主综合成本。从 RAMS 到机车车辆寿命周期费用常被用作经济考核。

从招标到运行、维护阶段,该应用指南主要集中在采购工程设计和维护方面的工作和问题。应用本标准也意在帮助建立通用方法来获得机车车辆不同的与时间有关的性能要求。

GB/T 21562 是轨道交通应用 RAMS 全方位的标准,本标准仅论述 GB/T 21562 在机车车辆 RAM 部分的应用,同时在指南范围中陈述和阐明了在 GB/T 21562 中可能存在歧义的地方。

# 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 21562 中机车车辆 RAM 的应用指南

### 1 范 围

本标准 of GB/T 21562 中机车车辆的 RAM 应用所要求的邀请、投标、运营验证等系统寿命周期活动提供指导。所有提及条目编号都按照 GB/T 21562—2008。

本标准针对机车车辆(含动车组)的用户/运营者和主要供应商。本标准的主要目的是:

——使机车车辆的用户/运营者能够:

- 详细说明 RAM 需求,在最终用户需求、顾及服务可用性和经济考虑来规定运营类型;
- 要评估不同的投标者,根据规定的 RAM 文档,就公共的基础来评估 RAM 的需求;
- 为了得到保证,在设计/开发阶段,通过逐步详细检查,认为将提供的机车车辆是能满足 RAM 要求的,在开发阶段指定的 RAM 文件作为一个 RAM 活动执行过程中的输出;
- 验证所交付的机车车辆,满足指定 RAM 的需求。

——使机车车辆的主要供应商能够:

- 理解用户/运营者对 RAM 的需求;
- 在投标时展示其提供的产品,提供大量真实信息/可见的事实,通过执行初步的 RAM 分析来满足 RAM 需求;
- 在设计/开发阶段展示其所提供的产品,提供大量真实信息,通过执行详细的 RAM 分析来满足 RAM 需求;
- 证明交货的产品满足 RAM 需求。

关于 LCC,本标准限于只提供合并于一个 LCC 模型所必需的关键 RAM 参数。

本标准不包括:

- 与不同的 RAM 需求相关的 RAM 数值(但是,它包含一简单的活动指南方针,为支持决定的流程和选择适当的数值,见 5.4);
- 特定的要编制的 RAM 文档和要执行的活动。然而仅作为示例,它提供记录 RAM 分析输出的典型数据和文件模板。

### 2 术语和定义

#### 2.1

**部件号 part number**

字母与数字并用的代码,通常由主供应商指定,以表示拥有相同形式、安装和功能特性的产品系列。

### 3 本标准采用的方法

#### 3.1 总 则

为了连续地建立 GB/T 21562 的需求和满足他们的基础,所采用的方法对于寿命周期的每个阶段,将提出下列问题:

- WHAT:要求执行什么活动/工作和须产生的支持文档?
- WHO:谁对这些活动/工作负责?

——HOW:宜使用的方法或工具?  
该流程适用于指南的开发,且宜根据应用指南的结构来应用。

3.2 在机车车辆的寿命周期阶段中涉及的实体

与轨道交通系统相关的组织和管理结构有关,机车车辆寿命周期阶段中可包含许多执行不同功能的实体。为了指导合同的关系,实体主要分为两类:用户和供应商。  
显而易见,识别相关联部分的所有的实体和检查这些实体负有怎样的职责可按用户和供应商的关系来分担。表1 仅举出一些典型的例子。

表1 职责的可能分配

组 织	供应商职责	用户职责
机车车辆的主供应商	✓	
机车车辆的子供应商	✓	
机车车辆的运营者		✓
机车车辆的拥有者		✓
机车车辆的维护者	✓	✓

4 本标准的应用

4.1 应用的对象

本标准适用于机车车辆及其所属的子系统、组件和部件,依照他们的边界限制来划分,可参考GB/T 21562—2008 中 1 c),本标准是给轨道交通主管部门及其支承工业使用,并适用于:  
——新造机车车辆;  
——既有机车车辆的改造/翻新。

在本标准中仅使用上述两大类产品涉及的一般性术语“系统”,包含机车车辆完整序列“系统、子系统、零件”或整个机车车辆自身的细分结构。

4.2 GB/T 21562 的应用

4.2.1 GB/T 21562 应用的评估

根据 GB/T 21562—2008 中 5.3,而且考虑到在寿命周期中不同实体的职责,下列条款给出了为符合要求所需的主要活动的综合。  
根据 GB/T 21562—2008 中 5.3.2,对机车车辆(待开发系统)需求的应用评估应由轨道交通主管部门定义说明,而且依据 GB/T 21562—2008 中 5.3.4,评估应:

- a) 规定应用阶段和下列各项:
  - 证明和示例与标准要求的原理的一致性。
  - 指定有关机车车辆(待开发系统)的强制性的活动/需求,包括:
    - 1) 每个需求的范围;
    - 2) 每个需求所需的方法、工具和技术以及这些应用的范围和深度;
    - 3) 每个需求所需的验证/确认活动以及他们应用的范围;
    - 4) 输入/输出文件。
- b) 确认活动和标准需求间的任何偏离。
- c) 证明对考核系统所选择的工作的合适性。

在他们的职责内,对上述的规范和理由,用户和主要供应商都应该提供文档证明。  
在主要供应商提出限制的地方,他们应该与用户一起讨论并取得用户同意。



这些文件作为考核 RAM 规划的一部分。

#### 4.2.2 GB/T 21562 应用的强制性要求

GB/T 21562 的正确应用通过下列要求实施。

下列各项在 GB/T 21562—2008 5.3.5 中是关于 RAM 的强制性要求的综合：

- a) 对所选择的各个阶段执行所有 RAM 工作的职责,应予规定并协商同意。
- b) 确保参与 RAM 工作相关人员的胜任能力。
- c) 建立并且实现一个 RAM 规划,下列各项应该被识别和管理:
  - 1) RAM 和安全性工作之间的冲突;
  - 2) 所有 RAM 分析的细节,包括分析活动的深度。
- d) 确定 GB/T 21562 的要求在企业活动中实现,并获得符合 ISO 9000(GB 19000)系列要求的质量管理系统(QMS)支持。
- e) 建立并且实现一个合适的、有效的配置管理系统,至少包括:
  - 1) 所有系统文件;
  - 2) 所有其他系统的可交付性。

在他们的职责范围内,用户和主要的供应商应该提供关于这些强制性要求实现的相关证据文件。

这些文件作为 RAM 规划考核的一部分。

### 5 规定 RAM 要求

#### 5.1 简介

本章的目的将建立机车车辆及其所属的子系统、组件、部件(依据他们的边界限制)的 RAM 要求的流程。

本章提供 GB/T 21562—2008 中 6.1、6.2、6.4 和 6.5 中描述的系统寿命周期 1、2、4 和 5 阶段要求的详细信息。

作为系统定义过程的一部分,开始时要收集有关考核的机车车辆的所有可用数据和相关信息。

最终目的是通过对所有收集的信息进行适当的分析并进行结构化的组织,从而导出 RAM 的指标。

#### 5.2 初步 RAM 分析

##### 5.2.1 总 则

本条补充并细化 GB/T 21562—2008 中 6.1.3.4、6.2.3.1、6.2.3.2、6.4.3.1 和 A.2 条款。

初步 RAM 分析的目的将确定机车车辆应用环境和操作条件,认可基于全部 RAM 要求的基本概念。

分析包括采取下列活动:

- a) 类似系统的复核:
 

创建一组类似的、既有的机车车辆清单,抽取合适的 RAM 相关的信息。
- b) 初步系统分析:
 

复核所有相关的可用机车车辆文档,以便初步定义整个系统结构,它的任务概要和认可系统失效的条件。
- c) 初步 RAM 相关活动的可交付性构成定义全部 RAM 要求规范必需的背景,包括如下方面:
  - 1) RAM 要求;
  - 2) 验证和验收的判据;
  - 3) RAM 规划要求。

##### 5.2.2 初步 RAM 分析活动

###### 5.2.2.1 总 则

初步 RAM 相关活动由调查所有相关的可用文档组成,以便认可所有可能影响机车车辆 RAM 性能的功能需求。



初步 RAM 相关活动最终的可交付性为:

- 系统确认:应确认机车车辆的边界限制、运营条件、功能、接口,系统分解结构,后勤和维修条件;
- 失效条件:机车车辆的失效应被识别和分类,以便定义适当的需求。

#### 5.2.2.2 系统确认

本条提供识别机车车辆主要特征的通用概要(见 GB/T 21562—2008 中 A.2)。

通过执行确认流程,以获得机车车辆已被正确分析、且所有影响 RAM 性能的因素已被识别的证明。

下文将描述定义机车车辆完成任务所需条件的特征,这些特征构成下列事项参考条件:

- 定义机车车辆 RAM 要求;
- 通过分析和测试,证明每个特定的实现满足所有相关寿命周期阶段的 RAM 需求。

描述机车车辆所必须的主要特性和特征是任务概要、线路概要、运营条件、环境条件和维修条件(包括后勤保障)。下面列出各项包含的要点。

##### a) 任务概要:

- 1) 参考线路;
- 2) 商业运营速度(运营距离/工作时间);
- 3) 日车平均里程;
- 4) 两次整备间的平均里程;
- 5) 每年运营时间或里程;
- 6) 每年运营时间或里程的费用;
- 7) 日待用时间;
- 8) 日空闲时间(也就是机车车辆既不运营也不待用的时间);
- 9) 预计使用的总时间(以年计的预期寿命)。

##### b) 线路概要:

- 1) 参考线路相关的隧道数;
- 2) 参考线路相关的高架桥数;
- 3) 隧道的累积里程;
- 4) 包括高架桥在内的地面的累积里程;
- 5) 线路的坡度和曲线及他们的长度。

##### c) 运营条件:

- 1) 与设备在给定日运行周期中上电时间有关的平均速度(累积距离/该周期中设备上电的时间);
- 2) 设备在给定的日运营时间内上电的时间(该参数可以定义到每个设备,但通常按照设备的种类来定义);
- 3) 牵引运行的时间;
- 4) 电制动有效的时间或时间的百分比;
- 5) 压缩机运行时间;
- 6) 压缩机启动次数;
- 7) 每个电压在接触网上出现的时间;
- 8) 列车组工作的时间(也就是在运行或待用时);
- 9) 在制热模式和制冷模式,采暖通风和空调制冷的时间;
- 10) 平均速度和最大速度;
- 11) 使用多单元的可能性;

- 12) 成对连挂操作的总时间;
- 13) 连挂和摘挂频度;
- 14) 机车车辆的内部温度范围;
- 15) 机械的(冲击和振动);
- 16) 电气的(供电);
- 17) 电磁兼容性(即 EMC——列车对列车或系统对系统);
- 18) 信号接口(例如:车载和轨旁);
- 19) 人类工程学。

d) 环境的条件:

- 1) 外部空气温度(OAT);
- 2) 最高海拔;
- 3) 太阳辐射;
- 4) 湿度;
- 5) 风和压力波;
- 6) 水和降雨量;
- 7) 污染物和致污物;
- 8) 抗腐蚀的能力。

e) 维修条件:

- 1) 制定维修计划(也就是最小的预防性维修间隔,按维修间隔同时工作所需的最多人员数,完成维修间隔工作所需的最大停用时间等);
- 2) 维修场所的数量、位置和说明;
- 3) 在维修场所的标准设备、工具和资源的说明。

### 5.2.2.3 分解结构和边界限制

#### 5.2.2.3.1 总 则

机车车辆的分解结构是识别进程最重要的基线。建立机车车辆的分解结构,为所有的活动和分析提供清晰的参考概略,以支持整个寿命周期的 RAM 规划。

通常,分解结构的范围是建立系统的边界,通过列出所有属于该系统的产品和对系统使用一些适当离散的分解级别,来拟定机车车辆不同的产品之间存在的关系。

有两类结构支持 RAM 分析:

- 功能分解结构;
- 物理分解结构。

功能分解常用来执行初步重要的分析。最终的功能分级用于开发功能失效模式的因果关系,而下一物理分级用于列出关键的产品。

物理分解常用来执行可维修性分析。分解的最终分级是 LRU(在线可替换单元,Line Replaceable Unit),将在 5.5.4.4 中定义。这一分解有时称为后勤分解结构。

#### 5.2.2.3.2 建立物理分解结构的公共规则

为了建立分解结构,实行一个分解流程是从第一层级开始到识别其他层级,而且能够描绘所有产品和他们功能的关系。

分解流程以分层次的分解为基础,以从上到下的流程开始对作为考核系统的机车车辆进行分级。

识别体系中每个层级后,每个被识别的系统成为下一个考核系统,如有必要可能进行更低层级的分解。

有多种方法和工具用于建立分解结构。为 RAM 目的开发合适的、适用的分解结构,推荐遵循如下原则:

- a) 避免使用“大量的层级”,限制其到合理的数量(建议为3级或4级);
- b) 沿着层级分支确定最后的产品是LRU;
- c) 对相同产品强制使用相同的术语和定义;
- d) 确保用在每个产品中所有设计文件(绘图、大纲、图表、规范等)的术语和定义是相同的;
- e) 在结构首次发布之后避免连续修改;
- f) 避免使用含糊或不清晰的定义。

对LRU的定义在5.5.4.4中解释。

5.2.2.3.3 确定物理分解结构的数据

每个分解结构应同一组绘图,图表和功能框图一起提出,为了达到识别机车车辆和所有它的子系统、组件和部件的目标,至少澄清如下:

- 在分解结构中产品之间的所有关系;
- 不同的系统、子系统、组件之间的功能界限。

最小数据集常用来描绘和管理分解结构。

这类数据是在寿命周期期间执行不同分析的基线。

每个分解结构的描绘应至少包含下列标题(见表2):

表2 描述分解结构标题的最小数据集示例

主 题	详 细 说 明
机车车辆	编码 ID 或机车车辆的定义
文档号	文档代码
版本号	文档的版本识别号
日期	该版本文件对应的日期
页 n/N	页码/总页数
编制	作者的姓名
文件名	文档中的文件名

描述分解结构的最小数据集见表3:

表3 描述分解结构的最小数据集示例

主 题	详 细 说 明
代号	产品分解的层级代号
描述	产品的描述
数量	在更高层级的产品中考核产品的数量
部件号	产品的部件代号
注1:当产品已定义时,建议在分解结构使用数量信息。	
注2:合适时,对分解结构的每个产品推荐使用部件号。	

附录A给出了分解结构的示例。

5.2.2.4 失效条件

本条对GB/T 21562—2008的4.5.2.2和6.4.3.2进行补充并细化。

下面为机车车辆定义的通用失效条件基于一般轨道交通运输中可遇到的通用失效分类:

- 重大(停车)失效;
- 重要(运行)失效;
- 次要失效。



表 4 为 GB/T 21562 已指明的失效种类,并以机车车辆应用术语来定义。

表 4 RAM 失效种类

失效种类	定 义
重大(停车)失效	产生导致阻止列车运行、大于规定时间的晚点、超出指定等级费用的失效
重要(运行)失效	——系统为获得规定性能必须整修的失效； ——不导致晚点或不超出重大失效中规定的最小阈值费用的失效
次要失效	——不阻止系统获得规定性能的失效； ——不符合重大失效和重要失效标准的失效

为了更好定义上述提到的失效种类,下列条件适用于机车车辆和它所有的子系统、组件和部件：

- a) 重大(停车)失效。在机车车辆上发生的任何失效而且导致至少下列情况之一：
  - 1) 延误并且超出规定的时间；
  - 2) 列车在线上停运；
  - 3) 列车不允许投入运行；
  - 4) 需从运行中召回列车；
  - 5) 花费超出指定的阈值。
- b) 重要(运行)失效。在机车车辆上发生任何的失效且导致至少下列情况之一：
  - 1) 延误但少于规定的时间；
  - 2) 丧失特定功能或性能阈值降低到可接受水平之下；
  - 3) 花费少于指定的阈值。
- c) 次要失效。在机车车辆上发生的失效,不属于重大或者重要失效的任何失效但导致维修工作,即使该失效没有对运行产生影响。

依照上述提到的失效定义和条件,用户宜声明：

- 1) 重大(停车)失效和重要(运行)失效延误的时间,以分钟(min)计；
- 2) 重大(停车)失效和重要(运行)失效的费用阈值；
- 3) 计算延误的方法(也就是仅在运行结束时,累积该期间所有的停运、两次停运之间的最大值等)；
- 4) 认定重大(停车)失效(如列车在线上停运,或从运行中召回列车)的运行条件；
- 5) 被认定为重要(运行)失效的功能和性能阈值界限(例如客车空调失效,司机室空调失效,每侧的门系统的失效,厕所系统指定数量的失效,客车照明系统失效等)。

表 5 ~ 表 7 为每种失效种类的规范。

表 5 重大失效规范

失效种类	条 件	阈值量纲	要求的规范
重大 (停车)失效 Fail <sub>1</sub>	延误远远超出	时间数	指定计算延误的方法
	列车在线停运		依靠机车车辆自身牵引动力无法继续运行
	需从运行中召回列车/列车不允许投入运行		指定专门运行条件,用户决定列车从运行中召回/停止投入运行
	费用超出	货币数	指定参考费用



表 6 重要失效规范

失效种类	条 件	阈值量纲	要求的规范
重要 (运行)失效 Fail <sub>s</sub>	延误少于	时间数	指定延误计算的方法
	失去规定的性能		指定用户认为运行失效时的运行/功能以及他们的性能下降的阈值
	费用少于	货币数	指定参考费用

表 7 次要失效规范

失效种类	条 件	阈值量纲	要求的规范
次要失效 Fail <sub>m</sub>	机车车辆发生的任何失效	时间数	

对失效种类的每个表中可被应用的一个或多个条件应进行解释。

5.3 RAM 要求

5.3.1 总 则

本条对 GB/T 21562—2008 的 4.5.2.2 和 6.4.3.2 进行补充,并进一步细化。

本条的目的是给出最通用的 RAM 要求概述,以帮助用户为他的机车车辆选择最适当的要求,并考虑任何可能合法的要求(如有)。

在选择适当 RAM 要求方面,极力建议用户考虑下列各项:

- 系统特性确认(任务概要、运行条件、功能要求等);
- 经济性;
- 根据现场运行能衡量 RAM 性能的实用性,它取决于组织、后勤结构和运行程序。

用户宜将选择 RAM 要求的过程形成文档,陈述选定 RAM 要求所考虑的因素,给出每项选定要求的说明。

5.3.2 可靠性指标

本条对失效种类:重大(停车)失效、重要(运行)失效和次要失效的可靠性指标要求(也就是 MTBF,每百万小时失效率,或每百万公里失效率)的描述提供指导。

可靠性指标适用于整个机车车辆和它所有的子系统、组件和部件(依照定义的边界限制)。

使用上述的定义,用户宜用下列术语对每个失效种类规定可靠性指标:

- 最大可接受的失效率;
- 最小可接受的 MTBF/MTTF/MDBF。

术语:小时数/公里数,表示运行的小时数/公里数。

MTBF 用于可修理的单元,MTTF 用于不可修理的单元。

如果机车车辆和它的子系统、组件和部件实际的运营时间无法被估量,用户能选择下列各项适当值:

- 最大可接受的失效率;
- 最小可接受的 MDBF。

此外,用户能规定重要的系统/子系统的可靠性指标。这种情况下,用户对影响重要的系统/子系统的失效可采用下列定义:

- 定义在系统/子系统上发生的任何失效,并导致符合规定性能的失效;
- 定义在系统/子系统上发生的任何失效,并导致维修工作,即使该失效对于运行没有影响。

用户宜规定失效条件,在失效条件中定义系统/子系统不能完成的规定性能。

表 8 对上述可靠性要求进行了分组:

表 8 失效种类的可靠性要求

适用于	要 求	量 纲	符 号
机车 车辆	最大可接受的失效率	次数/百万公里或次数/百万小时	$FR_{I/S/M}$
	MTBF/MTTF/MDBF	小时或公里	$MTBF_{I/S/M}/MTTF_{I/S/M}/MDBF_{I/S/M}$
系统/ 子系统 1	最大可接受的失效率	次数/百万公里或次数/百万小时	$FR_{I/S/M}$
	MTBF/MTTF/MDBF	小时或公里	$MTBF_{I/S/M}/MTTF_{I/S/M}/MDBF_{I/S/M}$
系统/ 子系统 2	最大可接受的失效率	次数/百万公里或次数/百万小时	$FR_{I/S/M}$
	MTBF/MTTF/MDBF	小时或公里	$MTBF_{I/S/M}/MTTF_{I/S/M}/MDBF_{I/S/M}$
系统/ 子系统...	最大可接受的失效率	次数/百万公里或次数/百万小时	$FR_{I/S/M}$
	MTBF/MTTF/MDBF	小时或公里	$MTBF_{I/S/M}/MTTF_{I/S/M}/MDBF_{I/S/M}$
系统/ 子系统 n	最大可接受的失效率	次数/百万公里或次数/百万小时	$FR_{I/S/M}$
	MTBF/MTTF/MDBF	小时或公里	$MTBF_{I/S/M}/MTTF_{I/S/M}/MDBF_{I/S/M}$

用户能为各种失效种类建立不同的表格,对各个表格指定应用的要求,并且对应不同的失效种类(重大/重要/次要)增加索引 I/S/M。

应用于机车车辆的系统/子系统的要求应涉及分解结构,并且在分解结构中每个系统/子系统应清晰定义(关于分解结构见 5.2.2.3)。

应注意把 MTBF 转换成 MDBF 时,应预先定义商业运营速度,商业运营速度基于任务概要的特定要求(见 5.2.2.2)。

5.3.3 可维修性指标

对机车车辆和按已经定义的边界限制划分的子系统、组件和部件,本条为他们的可维修性指标的描述提供指导。

对机车车辆和按已经定义的边界限制划分的子系统、组件和部件,有不同类型的可维修性指标:

- a) 一般的定性要求(例如:可接近性、可拆卸性、可移动性、可操作性、可安装性、重复连接性和标准化等);
- b) 预防性维修要求(定性的/定量的,例如频度、每频次相关的最大人工数、每频次相关的最大小时数等);
- c) 修复性维修要求[定性的/定量的,例如 MTTR(平均恢复时间,Mean Time To Repair)、TTR(恢复时间,Time To Repair)最大值等];
- d) 后勤保障要求(例如补给和管理的延误、备件可用性等等);
- e) 维修费用要求。

5.3.3.1 可维修性一般的定性要求

对于可维修性一般的定性要求至少应考核下列示例内容(见表 9):

表 9 可维修性的定性要求

可接近性	<p>设备布局,包括他们相关的连接,应安排成便于履行检查、修理、修改、替换等,考虑执行这些操作必需使用的工具尺寸,对于维修人员必需的工作区域,要考虑安全性标准和可能需要的局部照明。</p> <p>设备的所有紧固点以及它与基础设施(例如通风通道、风扇、过滤器等)的接口点,宜作为规则,是可接近的而无需专用工具</p>
------	---

表 9 可维修性的定性要求(续)

可拆卸性	<p>在失效恢复或定期维修中,如果需要,应能拆除任一设备,而无需对没有直接包含在特定维修活动中的其他设备进行操作。</p> <p>一个产品的可拆卸性的评估,也应考虑可能需要移去机车车辆结构部分(例如顶盖天窗、外罩等)以及拆卸或开启和处理他们的方便性</p>
模块化	<p>在设计设备的每个时机应提升对象的模块化水平,以减少介入时间、必需的特殊工种人员和备件库存。</p> <p>模块化可把维修活动分为两个等级:初级维修(单元的快速更换)和二级维修(离车修理单元,例如在车间)</p>
可操作性	<p>为了更换、修理或有计划维修而拆卸的每台设备、装置和产品,不宜超过单人可搬动的重量,并且应该单人可以处理。</p> <p>当满足两个人可以在一起工作的易接近性条件时,最大重量可以加倍。有问题部件形状的外部特征宜易于操作且没有危害或伤害人员的可能。</p> <p>在物体应使用机械起重设备移开和/或运输时,其布局 and 结构应能利用必要的吊钩、系结物、叉式升降机(拥有吊环螺栓、吊钩、底脚等)。如果吊钩、系结物或运输设备不是从市场可得到的,它应由主供应商负责设计、制造和供应。</p> <p>在单元和结构之间以及在单元和其他互相连接的单元之间的连接应该可接近、能够被拆卸、重新连接并在他们所处的环境中不被腐蚀或生锈</p>
易洁性	<p>所有环境、设备、地板和遮盖物应设计成易于最大可能的清洁操作。尤其关于旅客车辆及环境,纺织的遮盖物应能有效地被清洁。地毯及墙到墙的织品应易于离开机车车辆清洁和更换,这对繁忙通路(走廊、门廊等)尤为重要。</p> <p>主供应商应指明与所用材料和遮盖物兼容的清洁器。</p> <p>作为通常原则,在可视的环境中,尽可能避免锋利的尖角、凹槽、复杂的浮雕模型或孔穴,这些地方污垢会累积而难以清理。这些应在模型上验证</p>
标准化	<p>所用方案应在最大范围内尽可能采用用户已经使用的或已装在其他机车车辆上的部件来达到互换。特别是基本对象,应采用商业或标准方案,或用户已作为分级替换的已用部件。</p> <p>用户宜提供他使用部件的清单,用户可以保留部件统一的权利,如果必要,作为专用而限制这些部件。</p> <p>相同供应的机车车辆,其气路和电路的图纸与有效实现间应严格匹配</p>
可换性	<p>在没有影响任何设备特性下,应可能拆卸一个产品和在原来的地方安装另一个产品。</p> <p>替换品在外形、安装和功能上宜兼容替换</p>
易测性	<p>对象应设计成可以清晰且快速地识别他们的状态,这意味着有可能按以往的实践执行预防性诊断,以检查失效出现前对象的状态,有可能执行修复性诊断以清楚识别哪个产品可能故障或损坏</p>

5.3.3.2 预防性/修复性维修要求

预防性/修复性维修要求可有两种类型：  
——通用(涉及所有的维修工作)；



——专用(涉及一个子系统的维修工作)。  
通用和专用要求的示例见表 10：

表 10 预防性/修复性维修的要求

定 义	量 纲	符 号
计划维修的最小间隔	时间 里程	$MinInt_{sm}$
完成维修工作的最大停用时间	时间	$MaxST_{cm}$
维修时最多允许雇佣的人数	无	$MaxANP_m$
特定的维修工作所需最大的人时数	人时	$MaxMMH$
拆卸和装配的最大允许时间	时间	$MaxAT_{d,m}$
检测/隔离、更换故障产品最大允许时间	时间	$MaxAT_{d,i,r}$
故障覆盖率	无	FC
平均修复时间(修复性维修)	时间	MTTR
平均维修时间(预防性维修)	时间	MTTPM
平均维修时间(修复性维修)	时间	MTTCM
维修之间平均时间(预防性维修)	时间、里程、周期	MTBPM
维修之间平均时间(修复性维修)	时间、里程、周期	$MTBCM_e$

5.3.3.3 后勤保障要求

典型的后勤保障要求见表 11：

表 11 后勤保障的要求

定 义	量纲	符 号
到达维修现场的最大允许时间	时间	$MaxAT_{rm}$
计划维修工作的最大允许时间(从仓库取备件的时间以及取工具和诊断设备的时间)	时间	$MaxAT_{pm}$
需要时,备件有库存的概率	无	SOR
周转时间(可修理的备件)	时间	TAT
提前时间(不可修理的备件)	时间	LT
注:如果到达维修点时间或计划维修工作的时间不能预测,可使用具有合同性质的固定时间。		

5.3.3.4 维修费用要求

维修费用的约束可以不同的方式来表达。  
一种方法是在协商一致的时间周期内所需的维修费用最大允许值。  
此时,用户宜规定哪些产品计作维修费用以及协商计算的时间周期。  
维修费用的项目的示例如下(见表 12)：



表 12 维修费用要求

定 义	量纲	符 号
维修人员的培训	货币	$T_{mp}$
到达维修现场的差旅费	货币	$T_{cm}$
备件的查询、供给和储存	货币	$SP_{a.p.s}$
预防性(计划的)维修工作(包括备件、软件及雇用的人员费用)	货币	$PM_e$
修复性维修工作(包括备件、软件及雇用的人员费用)	货币	$CM_e$

其他维修费用要求可以是预防性或修复性维修费用(或二者之和),即用户每公里或每 1 000 公里或其他更大基数的费用(也就是每年、每列车、每座位)。

此时,用户宜详细说明这些费用包括哪些项目,详细计算这些项目。

如果合适,用户可规定机车车辆重要的子系统的指标(例如转向架、供电模块、门、空调系统、卫生间等)。

5.3.4 可用性指标

本条为依照边界限制定义的机车车辆和它所有子系统、组件和部件要求的可用性指标的描述提供指导。

基于 GB/T 21562—2008 的附录 A 和附录 C,机车车辆的可用性  $A$  规定为机车车辆处在履行它的任务状态下的时间。

可用性公式一般为:

$$A = \frac{MUT}{MUT + MDT}; 0 \leq A \leq 1 \dots\dots\dots$$

(1)

式中:

MUT——平均可用时间;

MDT——平均不可用时间。

在预定时间间隔  $T$  内的可用性,可用下列项目进行计算:

——MUT(小时);

——MDT(小时)。

在时间间隔  $T$ (例如 1 年)内,累计的不可用时间  $d(T)$  是:

$$d(T) = (1 - A) \times T \dots\dots\dots$$

(2)

可用性数值是无量纲的而且通常以百分数表示。

取决于 MUT 和 MDT 的定义,使用相同的公式可有不同类型的可用性:

——固有可用度: $A_i$ ;

——可实现的可用度(技术上的): $A_s$ ;

——使用可用度(后勤): $A_o$ 。

对于固有的可用度, $A_i$ 、MUT 和 MDT 的定义是:

——MUT = MTBF = 平均失效间隔时间(小时);

——MDT = MTTR = 平均恢复时间(小时)。

因而,公式为:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \dots\dots\dots$$

(3)

对于可实现的可用度(技术上的), $A_s$ 、MUT 和 MDT 的定义是:

——MUT = MTBM(平均修复性维修间隔时间,Mean Time Between Maintenance) = 平均维修间隔时间(小时);

——MDT = MTTM<sub>a</sub> = 平均维修时间(小时)。  
此时,MTTM<sub>a</sub> 为机车车辆预防性和修复性维修所必需的平均维修时间。  
因而,公式为

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM + MTTM_a} \dots\dots\dots (4)$$

对于使用可用度(后勤),A<sub>o</sub>、MUT 和 MDT 的定义是:  
——MUT = MTBM = 平均维修间隔时间(预防性和修复性)(小时);  
——MDT = MTTM<sub>o</sub> = 平均维修时间(小时)。

此时,MTTM<sub>o</sub> 为包括后勤管理延误在内的机车车辆预防性和修复性维修所必需的平均维修时间。  
因而,公式为:

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MTTM_o} \dots\dots\dots (5)$$

另一种可用性的测算方法是用监控管理期间内可以运行的机车车辆数与整个车队机车车辆数的比率表示。

这被定义为车队可用性 FA,可用于运行的机车车辆的数量为车队的机车车辆数与由于维修工作(预防性和修复性维修)停用的机车车辆数之差。

此时公式为:

$$FA = \frac{F_{op}}{F_{tot}} = \frac{F_{tot} - F_m}{F_{tot}} \dots\dots\dots (6)$$

式中:  
F<sub>op</sub>——可以运行的机车车辆数量;  
F<sub>m</sub>——因修复性和预防的维修而停用的机车车辆数;  
F<sub>tot</sub>——车队的机车车辆总数。

还有另一种类型的可用性是准时率(计划的准确性)SA,它以按照时间计划表营运的里程数对计划中的里程总数的比率表示。

依照时间计划表营运的里程为计划中的里程总数与由于机车车辆的原因引起的不能按照时间计划表运行的里程数之差。

此时公式为:

$$SA = \frac{F_s}{F_{tot_s}} = \frac{F_{tot_s} - F_{ns}}{F_{tot_s}} \dots\dots\dots (7)$$

式中:  
F<sub>s</sub>——依照时间计划表营运的里程数;  
F<sub>ns</sub>——由于机车车辆原因而不能按照时间计划表运行的里程数;  
F<sub>tot\_s</sub>——计划中的里程总数。

表 13 为上述可用性要求的汇总:  
用户宜选择可用性要求并:

- a) 详细说明选择该公式的因数;
- b) 确定并考虑每个因素的权重;
- c) 陈述监控管理周期的时间间隔;
- d) 考虑系统标识特性(任务概要、运行状态、功能要求等);
- e) 考虑经济性;
- f) 根据他的组织、后勤结构和运行程序,考虑从现场运营衡量 RAM 要求的实际可能性。

后勤、管理延误的示例如下:

- a) 在车库的等待时间;

- b) 等待备件的时间；
- c) 准备维修行动的时间；
- d) 必需调转机车车辆的时间。

表 13 可用性要求

公 式	定 义	量 纲
$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	固有可用度	无
$A_s = \frac{MTBM}{MTBM + MTTM_s}$	可实现的可用度(技术上的)	无
$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MTTM_o}$	使用可用度(后勤)	无
$FA = \frac{F_{op}}{F_{tot}} = \frac{F_{tot} - F_m}{F_{tot}}$	车队可用性	无
$SA = \frac{F_s}{F_{tot,s}} = \frac{F_{tot,s} - F_{ns}}{F_{tot,s}}$	准时率	无

5.4 选择 RAM 指标过程

本条进一步补充和细化 GB/T 21562—2008 中的 4.5.2.2 和 6.4.3.2。

本条旨在帮助用户为 RAM 要求选择合适的指标提供简单的指南。

考虑本标准的先前条款的可交付性,用户宜:

- a) 分析机车车辆系统标识和它的分解结构；
- b) 考虑包含的功能要求和相关的子系统；
- c) 分析各功能要求的失效条件来导出 RAM 要求；
- d) 考虑类似机车车辆的 RAM 要求；
- e) 复核以往已达到的 RAM 性能；
- f) 考虑所考核的机车车辆的技术革新；
- g) 评估所请求的新功能的影响；
- h) 考虑 RAM 要求的现实改进；
- i) 考虑其他规定和文档需要。

上述的活动能够使用户根据基本的支撑文档作出较好的选择。

用户应将选择 RAM 指标的过程形成文档,起始于所选各项指标是怎么考虑的。

5.5 RAM 规划

5.5.1 总 则

本条进一步补充并细化 GB/T 21562—2008 中 6.1.3.5、6.2.3.2、6.2.3.3、6.4.3.3 和 6.5.3.2。

RAM 规划是系统寿命周期中待执行活动的集合,以保证在机车车辆每个发展阶段来实现所述的

RAM 要求。

在整个寿命周期内,主供应商和用户宜建立和维护一个有效率的 RAM 规划,并考虑在机车车辆的寿命周期期间所选择的运行可能性的整个范围,包括其变更。

在 RAM 规划里面,每个相关的实体在他们的职责范围内宜定义和计划每个阶段的活动。

RAM 规划工作的管理应和一般功能及技术工作的管理相结合,在整个寿命周期内通过周期性复核来整理。复核应保证 RAM 要求是有效的,这涉及通过合适的 RAM 分析提供工作的基本信息/可视性。

RAM 规划宜与本标准中的 4.2 一致。

### 5.5.2 配置管理系统

主供应商应建立和维护一个合适的配置管理系统。这宜识别和修改机车车辆的一个功能或产品的特定特性的文档。配置管理系统宜记录和报告该修改的处理和执行的执行状态,并验证符合规定 RAM 要求。

主供应商负责通过文档记录活动和周期性的复核提供配置管理流程的可视性。

在周期性的复核期间主供应商宜提供规定的报告,至少有:

- a) 交付的文档,指明相关版本。
- b) 有客观证据的当前活动的状态和文档。
  - 1) 已经执行的;
  - 2) 正在执行的;
  - 3) 待执行的。
- c) 影响 RAM 要求的问题通告。
- d) 解决问题的行动提议。

因为配置控制适用于所有项目阶段(见 GB/T 21562—2008 图 9 注 1),当项目发展到阶段 10 和阶段 11 以及后续阶段,用户也应建立一个合适的配置管理系统。

### 5.5.3 RAM 规划概要

下面为一个典型 RAM 规划概要示例,内容如下:

- 1 简介
  - 1.1 目的
  - 1.2 范围
  - 1.3 参考文件
  - 1.4 定义及缩写语
- 2 系统的描述
  - 2.1 一般描述
  - 2.2 系统分解
- 3 RAM 合同的要求
  - 3.1 定性的要求
    - 可靠性要求
    - 可维修性要求
    - 可用性要求
  - 3.2 定量要求
    - 可靠性要求
    - 可维修性要求
    - 可用性要求
- 4 RAM 管理
  - 4.1 RAM 的实现
  - 4.2 RAM 分析和质量计划间交互作用的管理
  - 4.3 配置管理流程



- 4.4 组织及职责
- 4.5 RAM 主要活动
  - 系统寿命周期阶段
  - 在寿命周期期间 RAM 的活动
  - RAM 文档
- 5 RAM 规划计划
  - 5.1 分析的假定及范围
  - 5.2 使用的方法及工具
  - 5.3 RAM 的详细活动、分析及文档
    - 周期性的 RAM 规划复核
    - 系统条件和任务概要
    - 可靠性模型、预计和分配
    - FMECA(失效模式影响及危害性分析, Failure Mode Effects and Criticality Analysis)分析和可靠性框图
    - 故障树分析
    - 软件可靠性分析
    - 修复性维修分析
    - 预防性维修分析
    - 故障隔离和问题解析活动计划
    - 可靠性发展/增长试验的大纲
    - 可维修性初步试验
    - 可靠性验证试验
    - 可维修性验证试验
    - 从现场收集失效数据
  - 5.4 RAM 关键产品追踪
- 6 RAM 可交付的文件和进度表
  - 6.1 RAM 可交付性文件清单
  - 6.2 RAM 分析的进度表
  - 6.3 周期性 RAM 活动报告

RAM 规划建立所有的规划管理工作,包括完成 RAM 规划要求的时间安排和规划活动及文档的落实细节。

RAM 规划包括为实现 RAM 规划声明的可预见的过程、工具和时间表。

应注意主要供应商负责建立 RAM 规划中,关于 RAM 规划以及向用户提供的文件的内容,以便用户根据系统质量计划在双方同意的时间表内验收。

#### 5.5.4 RAM 的分析文档模板和数据示例

##### 5.5.4.1 总 则

本条的目的是提供 RAM 分析文档模板和数据的总览,给使用者提供指导,随着较多的实践来提高处理与 RAM 规划相关的所有问题的能力。

下列各项是最通常的 RAM 文档的模板和由主供应商提供的分析示例,以便给出所执行的 RAM 活动的真实/可视信息,说明机车车辆能满足从投标到运营期间的寿命周期的每个阶段 RAM 要求。

GB/T 21562—2008 B.5 中给出了适用于执行不同分析和所有 RAM 活动的工具清单。

##### 5.5.4.2 分析用的公共数据

这涉及识别被分析对象的一组数据。这些数据类型通常在不同的分析和分解结构层级中是公共的。

他们表达了分析的标题。

为了简化共同的理解,这些示例中考虑 3 层级的分解结构,而且第三个层级是 LRU 级。

通常,数据的类型至少如下列各项(见表 14):

表 14 分析模板标题的最小数据集示例

机车车辆	机车车辆的 ID 代号
L1 代号	层级 1 组件的分解代号
L1 组件	层级 1 组件的描述
L2 代号	更深入组件/部件的分解代号
L2 组件	层级 2 组件的描述
参考的图纸或图表	图纸或图表的识别号,包含所考核的 LRU 的标识参考(代号和描述)
文档号	文档代号
版本号	标识文档的版本号码
日期	文档的版本对应的文件日期
页码/总页数	页码/总页数
编制	作者的姓名
文件名	文档的文件名称

5.5.4.3 可靠性预计分析模板和数据卡片

可靠性预计卡片应该包含下列信息(见表 15 和图 1):

表 15 可靠性预计卡片的最小数据集示例

LRU 代号	LRU 的分解代号
LRU 描述	LRU 的描述
部件号	LRU 的部件号
失效率(失效次数/10 <sup>6</sup> h)	表示的 LRU 每百万小时的失效次数
MTBF(h)	LRU 的 MTBF 以小时计
Qty 数量	在层级 2 组件中 LRU 的数量
总失效率(失效次数/10 <sup>6</sup> h)	总失效率,为在层级 2 组件中,LRU 失效率与 LRU 数量之积
总 MTBF(h)	总失效率对应的 MTBF
总失效率(失效次数/10 <sup>6</sup> km)	LRU 的每百万公里的总失效率
总 MDBF(km)	总失效率对应的 MDBF
总数量	在整个机车车辆中 LRU 的总数
失效率来源	说明失效率的原始数据(也指使用过的数据源的代号)
注释	对失效率的来源及引入的修正因子的任何可能的澄清

应注意失效率可用失效次数/10<sup>6</sup> km,用 MDBF 来表示。  
在下列示例(见图 1)中,标题中也包含 L2 组件的数据(总失效率和 MTBF)。

可靠性预计卡片

机车车辆

L1 代号

L1 组件

L2 代号

L2 组件

参考的图纸或图表

文档号

版本号

日期

编制

页码/总页数

文件名

L2 组件总数据

LRU 代号	LRU 描述	部件号	失效率 (f/10 <sup>6</sup> h)	MTBF (h)	Qty 数量	总失效率 (f/10 <sup>6</sup> h)	总 MTBF (h)	总失效率 (f/10 <sup>6</sup> km)	总 MDBF (km)	总数量	失效率 来源	注释

图 1 可靠性预计卡片示例

5.5.4.4 维修属性(维修级别,技能等级和 LRU 定义)

在轨道交通领域里有一些维修的定义和属性。

本条的目的是涉及每个实际的维修活动,以便澄清影响 RAM 要求的问题,并给出维修组织/模型的示例。

该示例可以随包含的实体组织不同而不同。

通常,大多数轨道交通运营者已有一个机车车辆车库,通过培训人员、资源和最小的成套备件、工具和设备来实现维修。车库的目的是尽量减少机车车辆的停用时间,以便转交和准备运行,并在可能短的时间里完成维修。

复杂的维修活动关系到受培训的人员、资源、最少的一套备件及在车库里可利用的工具和设备,如果达不到这一目标,则维修工作需要其他地方进行,例如在专业化的车库/车间里,在此期间,机车车辆退出运行。

第一种情形被普遍称为“运用维修”,第二种称作“非运用维修”。

考虑上述情况和分析主要目的是符合 RAM 要求,对于实行预防性维修有两种可能性:

- a) 运用维修。在这情况,为了处理将停用时间减到最少的目标,两种选择能被考虑:
- 所有的预定维修工作在车库中实行;
  - 在车库中只拆卸/安装产品(用备品来更换)。而在专业化的车库/车间里对拆下的产品完成其他维修工作。



- b) 非运用维修。在这种情况下仅考虑一种选择：
- 所有计划中维修工作在专业化的车库/车间中进行。

这些情况下,预防性维修分析模板和数据卡片用下列两个代码作为“维修级别代码”：

- InS - PM( 在运行预防性维修)；
- OutS - PM( 离运行预防性维修)。

修复性维修也有类似的情况,但此时除车库资源(人员、工具、设备等)之外,也应考虑失效模式作为影响 RAM 要求的一种属性,然后考虑下列情况可能属于可修理的失效模式“或”不可修理的失效模式：

- a) 运用维修。此时应按照减少停用时间的目标来考虑这两种选择：
- 可修理的失效模式:修理的所有维修工作在车库进行；
  - 不可修理的失效模式:仅拆卸/安装产品在车库进行(用备品替换一个有故障的产品)。
- b) 非运用维修。在这种情况下仅考虑一种选择：
- 可修理的失效模式:拆卸/安装的产品(用备品替换一个有故障的产品),和故障产品修理的其他维修工作在车库/车间中进行。

此时,修复性维修分析模板和数据卡片,用下列 3 个代码作为“维修级别代码”：

- InS - CM - Rep( 在运行修复性维修的可修理的失效模式)；
- InS - CM - Not Rep( 在运行修复性维修的不可修理的失效模式)；
- OutS - CM( 离运行修复性维修)。

以下列出上述情况：

	预防性维修		修复性维修	
			可修理的失效模式	不可修理的失效模式
在运行( 车库)	所有计划中的维修工作	仅为产品的拆卸/安装	修理的所有维修工作	仅指用备品替换一个有故障的产品
离运行( 车间)	所有计划中的维修工作		修理的所有维修工作	

已知维修级别的几种定义,通常“在运行”维修十分类似于“轻维修”或“第一级维修”,而“离运行”的维修十分类似于“重维修”或“第二级维修”。

取决于在运行维修的定义,LRU( 在线可替换的单元)也可有下列定义：

LRU 是实现在运行维修( 预防或修复)工作的产品。

这定义可能用于已经定义分解结构深度的地方( 见 5. 2. 2. 3)。

下列所建议的各项示例帮助建立“技能等级代码”：

- 低技能等级( 代码“L”) :具有系统/子系统的基本知识并能够执行简单、容易工作的人员,如：
  - 产品是直接可见( 无需复杂的分解活动就易接近) 和能使用标准的工具( 螺丝刀、扳手等) 就可完成的工作。
- 中技能等级( 代码“I”) :具有系统/子系统的专门知识和能够执行更多高级的工作,如：
  - 搜寻需要维修的产品,使用非标准的工具/设备( 万用表、量规、测试仪器等) 及借助图表和维修手册来实行拆卸分解工作。
- 高技能等级( 代码“H”) :具有系统/子系统的全面且专业的知识和能够执行复杂工作,如：
  - 搜寻需要维修的产品,使用先进的工具进行技术测量( 示波器、逻辑状态分析仪等) 和执行微调及根据图纸、图表和维修手册来实行拆卸分解工作。

5. 5. 4. 5 预防性维修分析模板和数据卡片

预防性维修分析卡片宜包含下列的数据( 见表 16 和图 2)：

表 16 预防性维修卡片的最小数据集示例

LRU 代号	LRU 的分解代号
LRU 描述	LRU 的描述
部件号	LRU 的部件号
数量	在 L2 组件中,LRU 的数量
步骤号	用于识别每个维修工作的连续编号
维修工作	对预防性的维修工作的描述
备件和专用工具	对专业设备(无法通过车库或车间以及在任何情况下市场上不易买到的)的描述,必需的材料(可消费的和备用的)
频度	维修工作的频度(时间或公里)
维修级别	维修人员用的维修级别代码
人员数 <i>N</i>	对所描述的维修工作同时必需的人员数
技能等级	执行维修工作的人员所要求的技能等级代码
备件费用	用货币单位表示的材料单价
工时	维修工作所需的时间乘以必需的人数
停用时间	在维修工作期间机车车辆停用时间
总数量	在整个机车车辆中 LRU 的总数量
注释	关于后勤的或其他的(例如参考维修手册)任何备注、注释或标识

如果用户需要劳务费用,用户宜定义工时费用以便在卡片中进行费用计算。  
在下面的示例(见图 2)中,标题也包含了 L2 组件数据(备件和工时的总费用)。

预防性维修分析卡片															
机车车辆 L1 代号 L1 组件		L2 代号 L2 组件 参考的图纸或图表										文档号 版本号 版本日期 编制 页码/总页数			
		L2 组件总数据										文件名			
		备件费用 ( ¥/1 000 km)			工时费用 ( ¥/1 000 km)			总费用 ( ¥/1 000 km)							
LRU 代号	LRU 描述	部件 号	数量	步骤 号	维修 工作	备件和 专用 工具	频度	维修 级别	人员 数 N	技能 级别	备件 费用	工时	停用 时间	总 数量	注释

图 2 预防性维修分析卡片示例

为帮助建立维修计划,“单频度的预防性维修卡片”中包括已经包含在“预防性维修分析卡片”里(图3)的相关数据和后勤组织需要的进一步数据。

该卡片仅包含在相同频度间隔期间,所维修的 LRU 的预防性维修数据。

分析的频度(时间或公里)应该在标题中指出。

在“频度总数据”中,也包含维护人员未来的后勤组织的指示,主供应商宜为分析的频度间隔指出下列的数据:

- 为完成频度间隔内所有维修工作所需备件的费用;
- 为完成频度间隔内所有维修工作所需的工时;
- 为完成频度间隔内所有维修工作所需的机车车辆的停用时间;
- 为完成该频次的所有维修同时工作的最多人员数。

预防性维修分析卡片

机车车辆

L1 代号

L1 组件

L2 代号

L2 组件

参考的图纸或图表

文档号

版本号

版本日期

编制

页码/总页数

频次总数

备件费用 (¥)	工时 (h)	停用时间 (h)	同时工作 的最多人员数

文件名

LRU 代号	LRU 描述	部件 号	数量	步骤 号	维修 工作	备件和 专用 工具	维修 级别	人员数 N	技能 等级	备件 费用	工时	停用 时间	总 数量	注释

图3 单频度预防性维修分析卡片示例



5.5.4.6 修复性维修分析模板和数据卡片

修复性维修分析卡片应该包含下列的信息(见表 17)：

表 17 修复性维修卡片的最小数据集示例

LRU 代号	LRU 的分解代号
LRU 描述	LRU 的描述
部件号	LRU 的部件号
数量	在 L2 组件中,LRU 的数量
失效模式	LRU 采用 FMECA 分析卡片分析的失效模式
维修工作	对修复性维修工作的描述
备件和专用工具	对专业设备(无法通过车库或车间以及在任何情况下市场上不易买到的)的描述,必需的材料(可消费的和备用的)
失效率 (失效次数/10 <sup>6</sup> h)	用百万小时下的失效次数来表示 LRU 该失效模式的失效率
维修级别	维修人员的维修级别代码
人员数 N	对所描述的维修工作同时必需的人员数
技能等级	执行维修工作的人员所要求的技能等级代码
备件费用	用货币的单位表示的材料单价
工时	为维修工作所需的时间乘以必需的人员数
停用时间	维修工作中机车车辆停用时间
总数量	整个机车车辆的 LRU 的总数量
注释	关于后勤保障或其他(例如参考的维修手册)任何注解、注释或标识

如果用户需要劳务费用,用户宜定义工时费用以便在卡片中实行费用计算。

在下面的示例(见图 4)中,标题也包含了 L2 组件数据(备件和工时的总费用)。

修复性维修卡片															
机车车辆 L1 代号 L1 组件		L2 代号 L2 组件 参考的图纸或图表										文档号 版本号 版本日期 编制 页码/总页数			
		L2 组件总数据										文件名			
LRU 代号	LRU 描述	部件 号	数量	失效 模式	维修 工作	备件和 专用 工具	失效率 ( $f/10^6$ h)	维修 级别	人员 数 $N$	技能 等级	备件 费用	工时	停用 时间	总 数量	注释

图 4 修复性维修分析卡片示例

5.5.4.7 失效模式影响和危害性分析模板和数据卡片

通过执行 FMECA 来考查功能或产品;下列示例(见表 18)表示一个产品的分析。产品 FMECA 卡片应该包含如图 5 所示的数据:

表 18 产品 FMECA 卡片的最小数据集示例

LRU 代号	LRU 的分解代号
LRU 描述	LRU 的描述
部件号	LRU 的部件号
数量	在 L2 组件中,LRU 的数量
功能	对 LRU 实现的功能的简短描述
失效模式	LRU 失效原因的预测或观察,与失效时运行情况相关
失效原因	导致失效的环境
失效率 (失效次数/10 <sup>6</sup> h)	用百万小时下的失效数来表示 LRU 该失效模式的失效率
局部的影响	失效模式对 LRU 的最坏影响
对更高一级组件的影响	失效模式对 L1/L2 组件的最坏影响
对于机车车辆的影响	失效模式对机车车辆的最坏影响,也要考虑对其他组件或子组件的可能影响
危害性	失效模式的危害性种类的代码,根据规定的对安全性和/或运行影响的参考表,考虑它的基本影响
失效类别描述	依据已建立的失效种类,失效种类的代码和描述
诊断	检测和识别失效模式的方法的描述,包括用于检测和识别的诊断
预防/纠正措施	建议防止失效模式或减少它的危害或减少/消除它的影响的措施或补救方法的描述
注释	任何对分析有用的注解、注释或标注

注意预防/纠正措施应涉及:

- 设计者在设计阶段执行 FMECA 以改善机车车辆的设计;
- 乘务人员和维护人员,也包括维修及用户手册以改善机车车辆的运行。

关于检查功能的 FMECA,可通过改变图 5 的产品 FMECA 卡片示例中标题和改变一些列(删除开始的 4 列,插入合适的代码功能,主功能的描述,子功能的描述和子功能阶段的描述列),考虑主要功能就足够了。

考查功能的 FMECA 卡片的示例,见图 6。

应注意考查功能 FMECA 卡片示例中的“功能参考”,它表示功能框图的识别号,在功能框图所考核的功能被详细说明,在“序号”列以其在功能框图中功能参考号表示(“序号”仅用在在一个功能框图包含超过一个功能的场合)。

产品 FMECA 卡片																										
机车车辆 L1 代号 L1 组件								L2 代号		L2 组件		参考的图纸或图表			文档号		版本号		版本日期		编制		页码/总页数		文件名	
								L2 代号		L2 组件		参考的图纸或图表			文档号		版本号		版本日期		编制		页码/总页数		文件名	
								L2 代号		L2 组件		参考的图纸或图表			文档号		版本号		版本日期		编制		页码/总页数		文件名	
								L2 代号		L2 组件		参考的图纸或图表			文档号		版本号		版本日期		编制		页码/总页数		文件名	
								L2 代号		L2 组件		参考的图纸或图表			文档号		版本号		版本日期		编制		页码/总页数		文件名	
LRU 代号	LRU 描述	部件号	数量	功能	失效模式	失效原因	失效率 (f/10 <sup>6</sup> h)	影 响			危害性	失效种类	诊断	纠正措施	注释											
								局部	组件	机车车辆																

图 5 产品 FMECA 卡片示例

功能 FMECA 卡片														
<div>机车车辆</div> <div>功能参考</div>						<div>文档号</div> <div>版本号</div> <div>版本日期</div> <div>页码/总页数</div> <div>编制</div> <div>文件名</div>								
序号	功能	子功能	阶段	失效模式	失效原因	影 响			危害性	失效种类	诊断	预防/纠正措施	注释	
						局部	机车车辆	运行						

图 6 功能 FMECA 卡片示例



6 在寿命周期期间 RAM 的保证

6.1 总 则

本条提供支持概略的、初步的 RAM 要求的信息,也在寿命周期各阶段为支持机车车辆系统和子系统详细规范和要求提供相关工作和文档信息。

同时,本条计划定义在 RAM 规划进程期间,在系统寿命周期的哪一个阶段 RAM 规划处理和提供较多关于以下的信息:

- 要处理的工作;
- 要实现的分析和工具;
- 要提供的文档。

基于上述的考虑,RAM 规划可能被定义如图 7 所示:

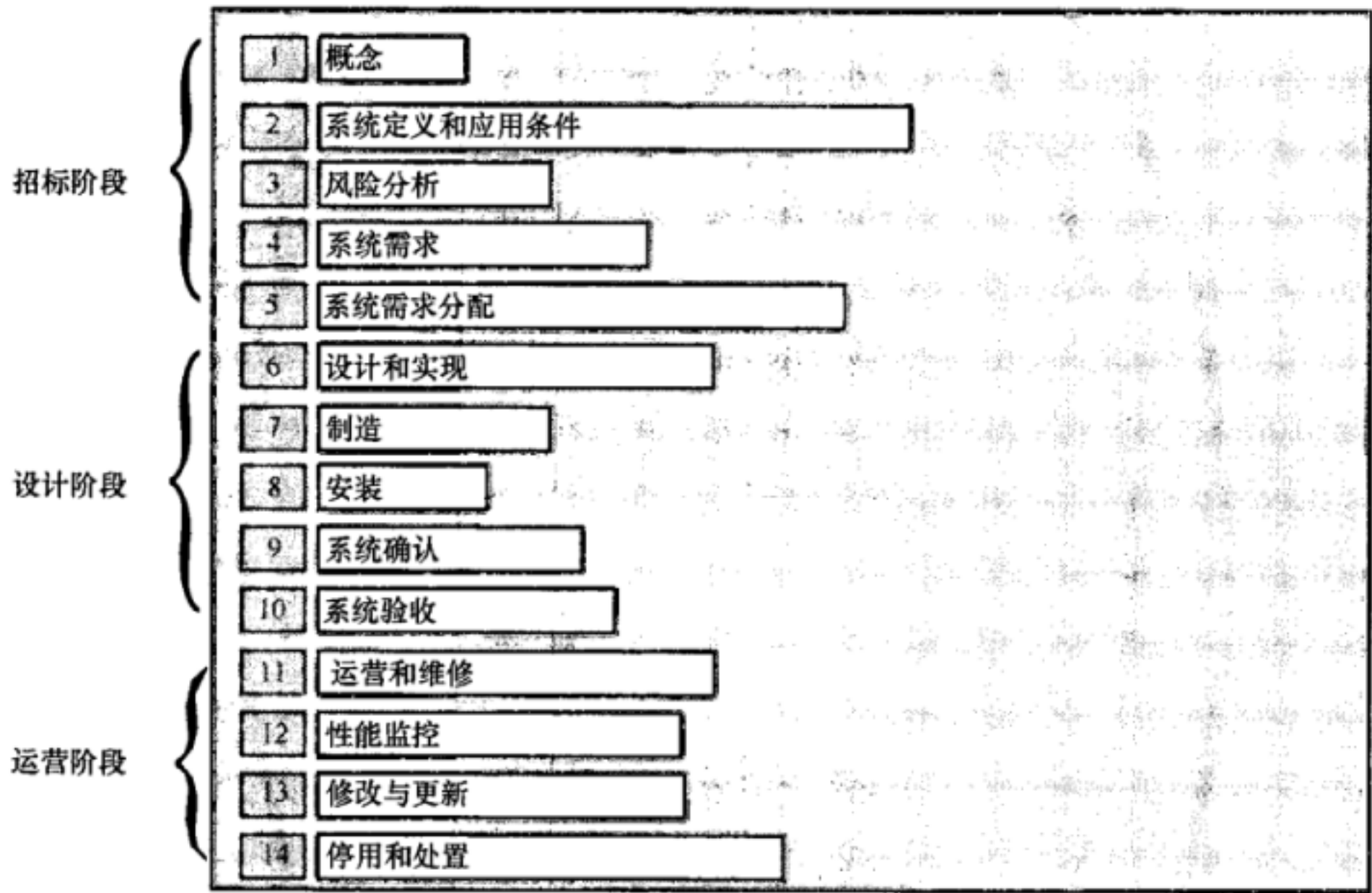


图 7 RAM 规划和寿命周期阶段

在机车车辆寿命周期各阶段涉及的所有实体应已确定。

图 8 展示了集成过程和规划实现。此时:

- 用户既是运营者也是维修者;
- 主要的供应商负责选择他自己的子合同商/分包商。

如 GB/T 21562 的每个阶段所述,每个阶段的可交付性作为下一阶段的输入。

这意味每个阶段的结果将在后续阶段期间被确认。

6.2 投标阶段

用户准备招标阶段(见图 7,寿命周期阶段 1~5)的结果是将招标文件送给潜在的主供应商。

依照本标准第 5 章,招标文件包含关于机车车辆的概念、定义和规范的数据和要实现的 RAM 要求。

在招标阶段,用户宜要求潜在的主供应商提供 RAM 数据和分析。本文档有利于用户在相同的基础上,对不同的供应商进行比较。

招标阶段需求的文件,能从设计阶段文档中摘取(示例见 5.5.4)。

在回应投标之前,主供应商应完成相关的工作,如下所列,确保已考虑了符合每个要求相关的所有风险:

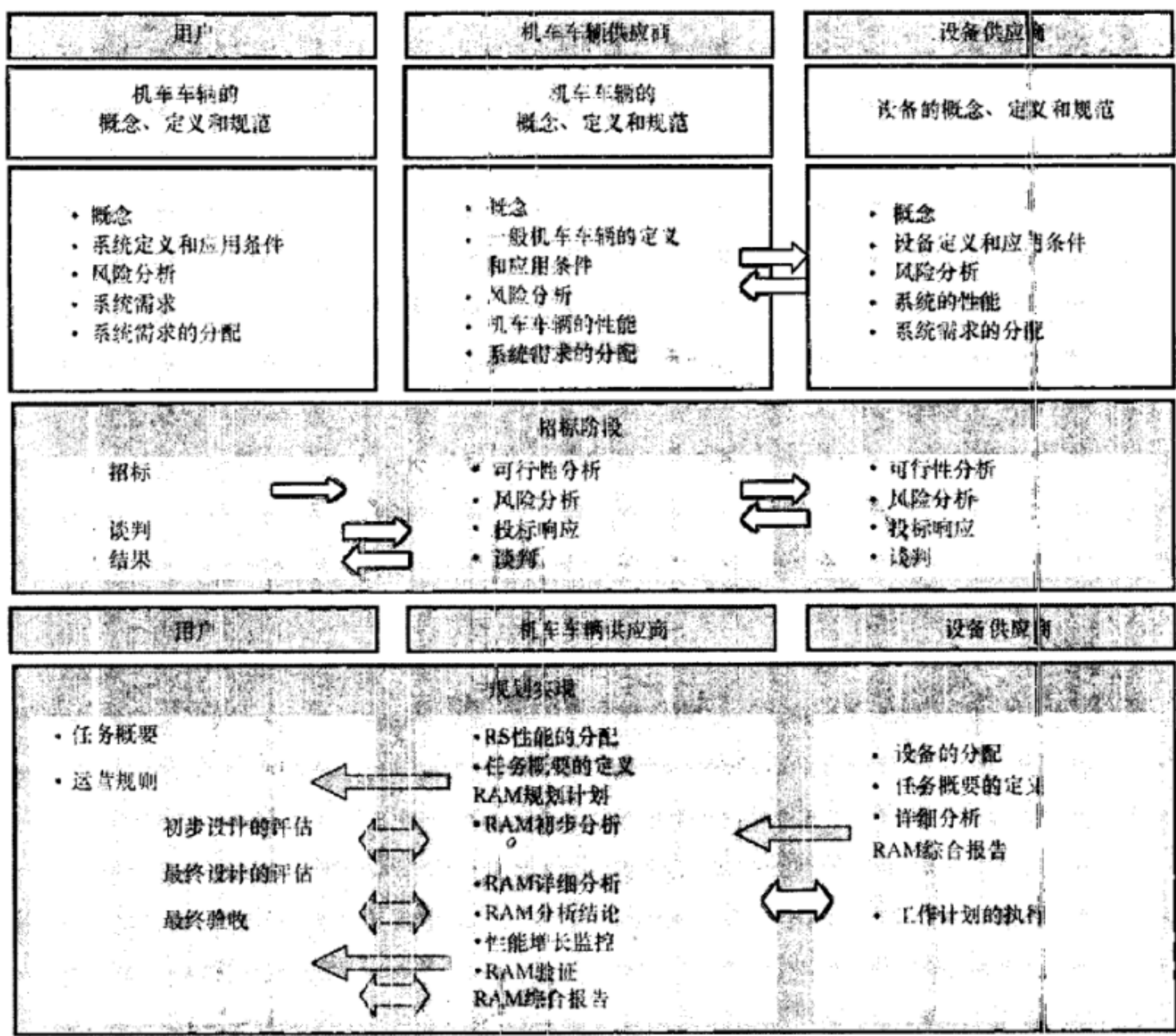


图 8 在机车车辆寿命周期某些阶段期间的用户、主供应商和子供应商之间可能关系

- 可行性分析:基于当前的经验和以往的数据,能被达成的最合理的性能,并考虑与新任务概要和(或)新系统定义的任何差异。在机车车辆级执行本工作时,采用当前类似的应用上得到的经验和使用如故障树分析或可靠性框图的分析模型。
  - 商业的风险分析:根据可行性分析能达到的最合理的性能,本工作能估计需要的性能与可达到的性能之间的差距而导致罚款的概率。
  - 响应投标:编制用户要求的 RAM 文档和编写提供的 RAM 相关章节。
  - 谈判:回应被用户提出的质疑/疑问和(或)组成谈判阶段的谈判团队。
- 收到提供的投标文件后,用户应评估这些文件,并选择最好的供应商。
- 通常已制定用户和潜在的主供应商之间的短期谈判计划,用于确认合同协议。
- 招标阶段的结果是签订合同或是一个待处理的通知。

6.3 设计阶段

本条对 GB/T 21562—2008 中 6.6 中描述的系统寿命周期要求的第 6 阶段给出细化和实际信息。

下面的流程图(图 9)表示在签订合同或者发出通知之后,待实现的不同 RAM 所实现的规划工作的例子。

这一个阶段的输入文件是由主供应商呈交的投标文件和在谈判期间被确认的合同协议。

表 19 给出了对这些工作的描述:



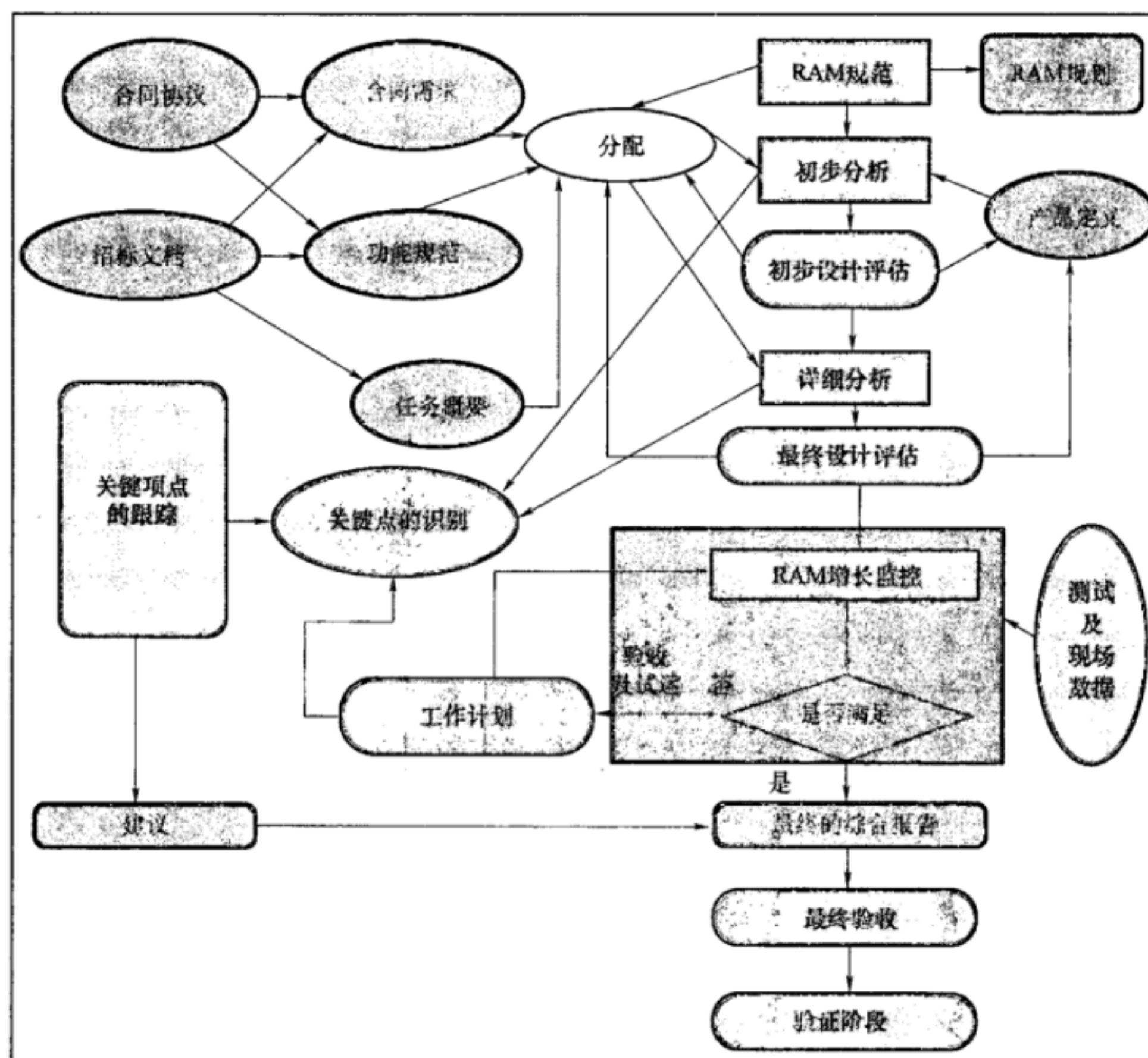


图9 设计阶段工作或文件的流程图

表 19 设计阶段主要工作的描述

名 称	工 作 描 述
RAM 规范	合同签订后,机车车辆主供应商第一步是同分包商、合伙人或设备供应商详细说明在他们的供货范围内相关子系统、功能或设备的合同要求。通常,这也包括认可 RAM 规划分要求
初步分析	本工作的输入是投标文件和合同协议。在功能级的实现中,该工作点明关键的 RAM 功能,进一步详细的分析宜集中在关键的 RAM 功能上。在这一阶段,使用主供应商定义的失效分类对功能进行分类,并使功能适配合同规定的要求。本工作使用功能 FMECA 和可靠性框图来识别关键的 RAM 功能。本工作的可交付性是覆盖所有 RAM 要求的一组初步分析。通常,分析深度限于分解结构到某一级,要使技术和功能设计所需的规范及数据足够详细
初步设计的评估	本设计进程的节点是检查设计已经进展完成初步阶段。此节点应评估 RAM 文档,保证 RAM 活动是按设计进程进行的,RAM 要求已合适地达到并考查出现的任何问题
详细分析	<p>本工作旨在对初步分析期间点明的关键功能进行详细的分析。在该工作中,主供应商宜根据机车车辆分解结构的 LRU 级进行充分详细的设计。因此,宜更新前一阶段分析并对 RAM 给予详细考虑。这样分析的最终范围应确保机车车辆设计满足所有的 RAM 要求和下列各项要求:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 解决在先前分析或评估期间确定的任何问题;</li> <li>2) 核实这套文档的完整性;</li> <li>3) 测试和收集现场数据的准备工作。</li> </ol> <p>在这一个阶段,主供应商也应收集由分包商完成的详细分析资料,以便:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 确保他们之间的较好一致性;</li> <li>2) 在分析模型中,集成所提供设备级的预计,以得到机车车辆级的预计;</li> <li>3) 解决预测模型中集合接口不匹配的问题</li> </ol>



表 19 设计阶段主要工作的描述(续)

名 称	工 作 描 述
最终设计评估	<p>本设计进程的节点是检查已完成的设计。该节点宜评估 RAM 文件,确保所有的 RAM 要求已经完全地达到,并考查出现的任何问题。</p> <p>最后评估范围如下:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 检查 RAM 要求的完成情况;</li><li>2) 解决任何未解决的问题;</li><li>3) 核实这套文档的完整性;</li><li>4) 测试和收集现场数据的准备工作</li></ol>
RAM 增长的监控	<p>本工作旨在监控 RAM 增长(主要是可靠性增长)以便在营业运行中达到稳定状态水平。本工作由所有分包商和主供应商实现问题解决的过程构成,以便:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 确认早期运营阶段发生的问题;</li><li>2) 点明影响合同运营性能的最重要问题的责任者;</li><li>3) 实现工作计划,来根除问题或减轻他们的影响;</li><li>4) 跟踪该工作计划的影响,来决定停止或继续执行重复的过程</li></ol>
关键因素跟踪	<p>本工作是一指定的管理工作,在所有各项设计进程(从初步分析到运营工作)中实现。</p> <p>由以下内容组成:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 作为 RAM 分析进程(初步分析和详细分析)的一部份,识别关键的潜在因素(也就是失效影响运营或安全性);</li><li>2) 基以预估出现频度和对安全性或运营水平的影响,按层次级别对这些潜在因素进行分类;</li><li>3) 建议或要求设计者采取措施以消除该因素或减轻它们的影响;</li><li>4) 预估工作计划的影响;</li><li>5) 在最后的設計阶段或制造期间,跟踪各项工作的应用情况。</li></ol> <p>使用问题解决技术来实现本工作</p>

注意本条中所描述的 RAM 参数的暂时计算,通常基以使用概率图。

6.4 验证阶段

6.4.1 总 则

本条提供 GB/T 21562—2008 中的 6.9、6.10 和 6.11 中描述的系统寿命周期第 9、10、11 阶段要求的细节和实际信息。

本条处理用户检查所考核机车车辆 RAM 合同目标实行的运行周期,通过 RAM 验证测试和现场数据的收集来实现。

收集现场的数据提供给用户:

- 作为机车车辆验收的基础;
- 机车车辆性能的知识;
- 作为新机车车辆/系统/子系统招标的一个参考数据库。

同时,收集来自现场的数据,能促使主供应商:

- 监控/验证设计、制造和安装;
- 监控机车车辆运营,处理修复性的工作;
- 收集数据和知识,为进一步的和(或)未来的开发做准备。

同时,为长期运营,目标是发现管理过程中的薄弱环节(运行和维修阶段),以形成进一步改善性能、减少费用以及优化维修和(或)运行的基础。

测试规程的定义应与系统的确认过程及第 5 章给出的定义一致。

依照 RAM 规划,在设计阶段提供所有 RAM 文件,用于证明符合机车车辆的 RAM 要求。

#### 6.4.2 RAM 验收判据

根据所选择的 RAM 要求,用户宜定义现场的 RAM 验收判据。

可靠性验收判据的定义也应指定什么条件,哪一类失效归类为“责任的”,也就是主供应商的责任,或是被归类为“非责任的”。

至少,下列一般的失效条件将被考虑作为“非责任的”,当验证时:

- 超出规定运营条件时发生的失效;
- 由用户人员导致的失效;
- 由意外的事件导致的失效。

意外的事件是指不由系统本身、它的正常运行,或供应商职员引起,而是由外部因素导致系统性能降级的事件。

同样地,在检查周期和每个 RAM 要求开始前,用户应定义详细的验收判据以便建立须遵循的清晰规则。

#### 6.4.3 在运用检查周期

用户负责定义一适当的检查周期期限。

为定义检查周期,用户宜考虑通常 RAM 目标可能不在第一个运用检查周期中达到,而是在一个老练周期之后。在老练周期中宜执行可靠性增长监控进程。

通常,至少在两年营业运营后才达到稳定的水平。

可靠性增长监控进程是现场数据的连续监控,连续的 RAM 分析并将结果与合同要求的目标匹配的过程。附加的要求由用户和供应商协商认可。

在现场数据的结果达不到合同要求的地方,主供应商应采取纠正措施。

选择检查周期时,要强调的重点如下:

- 在可靠性增长进程中,纠正工作应按 5.5 描述管理,适当时按纠正工作计划进行。
- 在 RAM 检查周期开始前,可靠性增长进程宜作出结论。
- 为了管理连贯的现场数据收集,机车车辆配置状态宜保持稳定。如应进行技术上的修改,供应商应精确量化修改配置的影响(如软件更新)。
- 在选择检查周期时,应该考虑下列各项:
  - 车队机车车辆数量和累积的年运营里程;
  - 机车车辆的维修计划;
  - 用户选择的 RAM 要求;
  - 用户和主供应商之间合同关系的期限(也就是质保期)。

合适时用户也应该考虑,检查周期和现场数据收集宜覆盖:

- 整个机车车辆车队;
- 选定的车队机车车辆的数量;
- 其他感兴趣的系统/子系统。

#### 6.4.4 现场数据报告和它的组织

检查周期内收集的现场数据,应由失效数据和故障的全部处理组成,例如:

- 在运营和维修期间的失效;
- 失效的分类[重大(停车)失效、重要(运行)失效、次要失效];
- 失效产品源的结构代码;
- 被检测故障的描述;
- 在维修期间的工作;
- 工时的数量;
- 材料的消耗;

- 运营的公里数/小时数；
- 停运次数和停用时间(含后勤、管理引起的延迟)。

同时,报告中应说明修理和失效的原因以便安排正确的纠正工作。

为进一步的调查研究进行追溯应收集标识,如:

- 包含数据的报告识别号；
- 发生事件的日期；
- 运行状态的描述；
- 车队内机车车辆(或车辆)的识别号。

也应包括可能原因的初步信息,包括技术评估,以便验收判据的定位。

通常,用户和主供应商认同 RAM 验证计划,至少包括下列各项内容:

- 规则和方法；
- 资源和工具；
- 组织和职责；
- 现场数据收集点(车库、车间)；
- 参考文件(也就是 RAM 分析和分解结构)；
- RAM 合同的指标；
- 验收判据；
- 收集数据的规程；
- 所有数据来源和任何干扰的检测；
- 周期性现场数据收集评估的进度表；
- 解决问题和处理纠正工作的规程；
- 实现纠正工作计划的规程。

纠正工作计划也包含修复性工作对 5.5.2 中解释的配置管理流程影响的评估。

## 7 并入 LCC 模型的 RAM 参数

### 7.1 总 则

本章的目的是提供寿命周期费用的综览,指出并入机车车辆 LCC 模型的 RAM 参数。

寿命周期费用计算是评估产品购置及运营的总费用的经济效益分析过程。作为产品设计、开发和使用决策中的重要输入。

轨道交通用户和运营者需要轨道交通产品在他们使用寿命期间能可靠、安全且容易维护。

使用 LCC,主供应商通过评估可替换的设计和(或)配置及进行比较研究来优化他们的设计。这样,他们能评估各种不同的运营和维修策略来优化 LCC。

同时,LCC 技术也可用于比较不同的提供者和替代选择,及为控制项目作出评价。

由于 RAM 要求影响机车车辆的费用,他们是任何寿命周期的费用计算的基础。

### 7.2 LCC 模型综览

在 LCC 模型中,寿命周期费用是在机车车辆寿命期间所产生的累积费用。LCC 的模型是将机车车辆的主要特征转化成费用指标的简单表示。

每个 LCC 模型的基本要素可以是:

- 机车车辆的物理结构和它的任务概要；
- 所考核寿命的相关阶段；
- 所考核的相关费用种类。

对于第一层级的产品,按 5.2.2.3 分解结构和边界限制以及它的子条款 5.2.2.3.1、5.2.2.3.2、5.2.2.3.3 和 5.2.2.2 系统确认执行。



对于第二层级产品在 GB/T 21562 里作出很好地解释,并且取决于所选择的阶段,它也涉及第三层级产品。

任何情况下,在主要阶段发生的总费用为下列三类的汇总:

- 购置费;
- 运营费;
- 处置费。

遵循该简单的综览,很容易导出详细的子种类和费用,从而可能构建 LCC 的模型。

完整的建模不在本标准的范围,但是上述的信息对给出综览和更好引入 RAM 参数且并入 LCC 模型是有用的。

关于 LCC 模型扩展以及更详细的考虑参见 IEC 60300-3-3。

### 7.3 LCC 的 RAM 参数

从可靠性参数开始,表 5 和表 6 的“条件”中已经包含直接影响 LCC 的参数。

同时失效率(或 MTBF/MTTF/MDBF,见表 8)也影响 LCC。但这影响能考虑为维修费用。

维修费用是整个 LCC 的最重要的费用之一。

当考虑修复性或预防性维修时,维修费用是与时间相关的变量。

旧机车车辆的修复性维修费用大于已过了早期失效期的新机车车辆的修复性维修费用。

在执行昂贵的工作(也就是,重大检查、高价值部件的替换、整修和大修等)的数年里,预防性维修花费的比例达到了顶点。由于整个运行寿命中,这些工作仅执行 2 至 5 次,所以在评估预防性维修费用时应考虑这点。这样考虑也保证不同的运营者或不同的机车车辆主供应商在同等基础上比较维修费用。

关于修复性和预防性维修费用,图 2 至图 4 包含建立产品费用的有用元素。

应考虑的参数是:

- 备件费用(新的或修理复原的);
- 每一维修工作的工作时间(工时);
- 工时费用;
- 在寿命期间,在维修计划里的维修间隔(为预防性维修的每个工作);
- 在机车车辆分解结构里的数量;
- 维护产品的可靠性(失效率,MTBF/MTTF/MDBF)。

可用性参数的导出是相当困难的,因为他们与缺少能投入运营的机车车辆所引起的后果有关。

由于机车车辆的不可用性产生的即时费用影响,可能是下列各项:

- 不能运营而损失的费用;
- 提供替换运营的费用;
- 由于形象、名誉威信下降造成客户丢失的费用。

这些费用的估算是典型的商业或市场问题,而不可用性费用的导出与 5.3.4 中包含的元素无关。

但是基于时间(用小时或者天表示)评估(此时机车车辆在“停运状态”或基以被替换的未运行里程),表 13 的参数可以被应用。

附录 A  
(资料性附录)  
分解结构(示例)

A.1 引言

本附录打算对描述 RAMS 流程的文本给出一总体说明。它既不会与 EN 15380 轨道交通车辆的标识系统相冲突,也不会与它混淆。

A.2 简介

下文关注表示结构的两种可行方法:

- 组织图表结构(见图 A.1);
- 树状图表分解结构(见图 A.2 和 A.3)。

下面给出一个机车车辆的组织图表的示例,“EMU(电动车组)”,为便于理解,在图表中只展开两个支路。

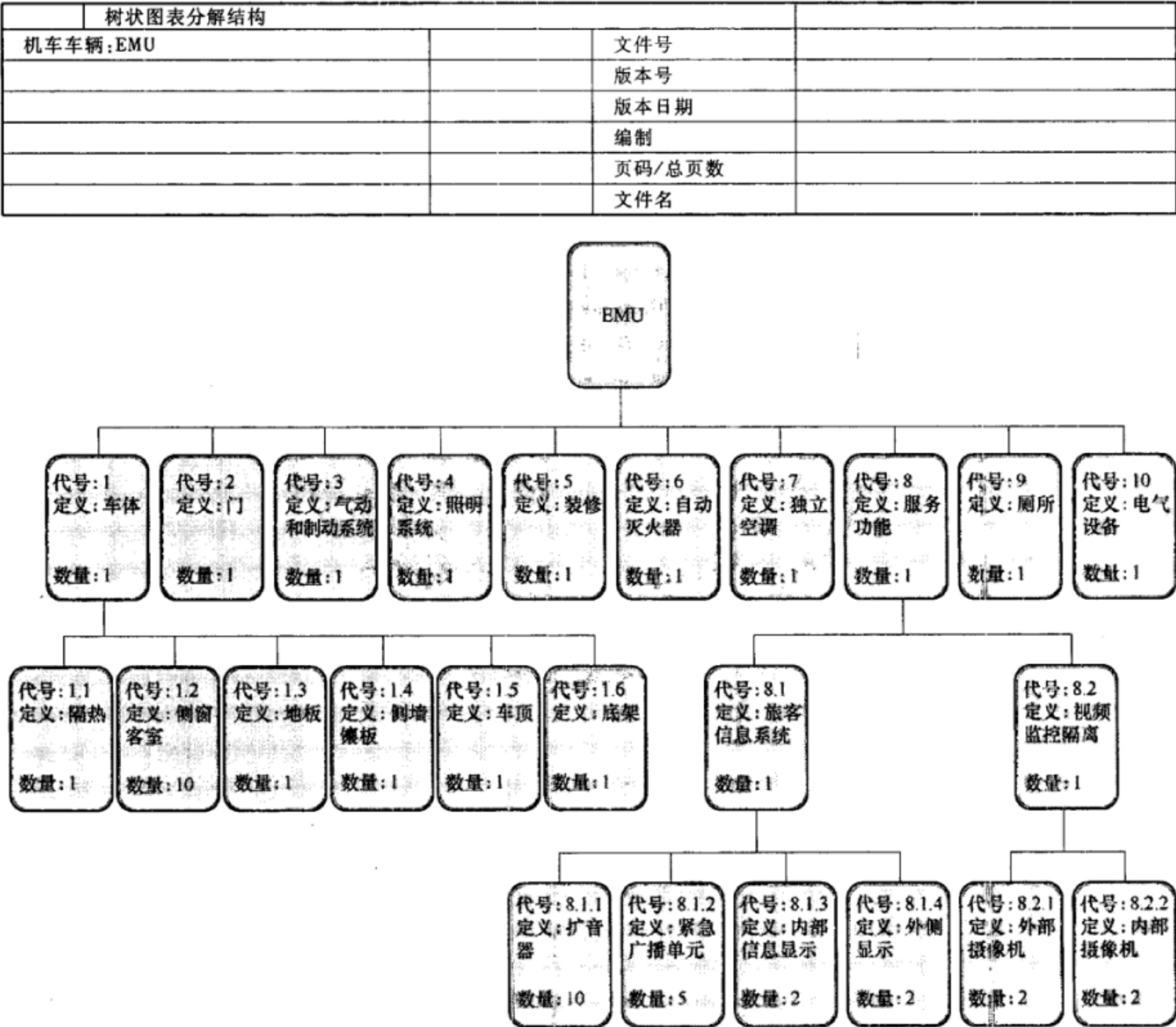


图 A.1 用组织图表表示的 EMU 物理结构示例

树状图表分解结构			
机车车辆:EMU		文件号	
		版本号	
		版本日期	
		编制	
		页码/总页数	
		文件名	

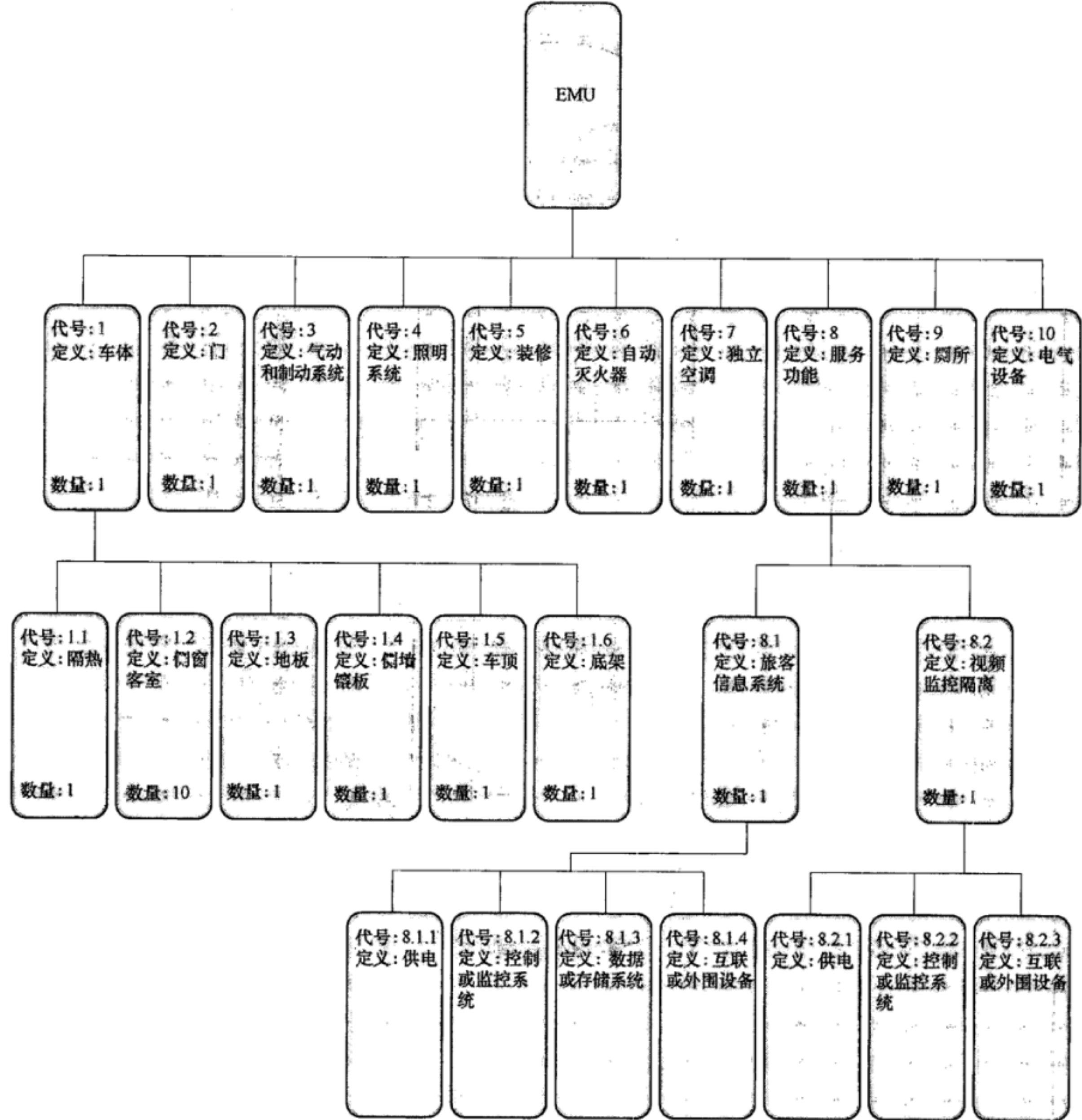


图 A.2 用组织图表表示的 EMU 功能结构示例



下列为一个用树状图表表示的 EMU 牵引车辆分解结构的示例。

树状图表分解结构																
机车车辆：EMU					文件号											
					版本号											
					版本日期											
					编制											
					页码/总页数											
					文件名											
代号	L1-系统	数量	代号	L2-子系统或LRU	数量	代号	L3-LRU	数量								
1	车体	1														
			1.1	隔热	1											
			1.2	前面板	1											
			1.3	客室侧窗	14											
			1.4	司机室侧窗	2											
			1.5	地板	1											
			1.6	侧墙，镶板	2											
			1.7	车顶	1											
			1.8	前端盖	1											
			1.9	排障器	1											
			1.10	吸能组件	2											
			1.11	空气动力的前端结构	1											
			1.12	底架	1											
2	动车转向架	1														
			2.1	转向架构架	1											
			2.2	搬运器	1											
										2.2.1	操纵杆	1				
			2.3	一系悬挂	4											
														2.3.1	减振器	1
														2.3.2	螺旋弹簧	1
										2.4	二系悬挂	1				
										2.4.1	空气弹簧	2				
										2.4.2	二系悬挂的气动组件(套)	1				
										2.4.3	垂向减振器	2				
										2.4.4	横向减振器	2				

2.5	轴承装配	4		
			2.5.1	轴承箱
			2.5.2	轴承
2.6	车轮装配	2		
			2.6.1	车轴
			2.6.2	车轮盘
			2.6.3	制动盘
2.7	车轴变速箱	2		
2.8	车轴箱温度元件	2		
2.9	INDUSI-magnet磁体	1		
2.10	与车架的机械接口(套)	1		
2.11	转向架上的气动设备(套)	1		
2.12	速度传感器	2		
2.13	转向架上制动设备(套)	1		
2.14	接地连接	2		

3	拖车转向架	1		
			3.1	转向架构架
			3.2	搬运器
			3.2.1	操纵杆
			3.3	一系悬挂
			3.3.1	减振器
			3.3.2	螺旋弹簧
			3.4	二系悬挂
			3.4.1	空气弹簧
			3.4.2	二系悬挂的气动组件(套)
			3.4.3	垂向减振器
			3.4.4	横向减振器
			3.5	轴承装配
			3.5.1	轴承箱
			3.5.2	轴承
			3.6	车轮装配
			3.6.1	车轴
			3.6.2	车轮盘
			3.6.3	制动盘

			3.7	车轴箱温度元件	2			
			3.8	与车架的机械接口(套)	1			
			3.9	转向架上气动设备(套)	1			
			3.10	速度传感器	2			
			3.11	转向架上制动设备(套)	1			
			3.12	接地连接	2			
4	转向架上 辅助部件	1						
			4.1	撒砂装置	2			
						4.1.1	撒砂阀	1
						4.1.2	撒砂管和喷嘴	1
			4.2	轮缘润滑	2			
						4.2.1	油箱	1
						4.2.2	泵	1
						4.2.3	磁阀	1
						4.2.4	润滑油分配	1
						4.2.5	喷嘴	2
						4.2.6	控制单元	1
5	门	1						
			5.1	旅客门	2			
						5.1.1	驱动/动力单元	1
						5.1.2	滚轴旋转臂, 右	1
						5.1.3	滚轴旋转臂, 左	1
						5.1.4	紧急出口装置(内部)	1
						5.1.5	弯曲的线缆, 紧急出口装置 (内部)	1
						5.1.6	紧急出口装置(外部)	1
						5.1.7	弯曲的线缆, 紧急出口装置 (外部)	1
						5.1.8	门页, 右	1
						5.1.9	门页, 左	1
						5.1.10	锁盒	1
						5.1.11	遮光帘	1
						5.1.12	控制单元	1
			5.2	内部门	1			
			5.3	外部驾驶室门	2			
			5.4	驾驶室推拉门	1			



6	牵引缓冲装置	1			
			6.1	自动车钩装置	1
			6.1.1	钩头	1
			6.1.2	分解装置	1
			6.1.3	空气管路的连接装置	1
			6.1.4	空气管路的分解装置	1
			6.1.5	电气连接操作装置	1
			6.1.6	连接杆	1
			6.1.7	定位块	1
			6.1.8	电连接装置	1
			6.1.9	盖	1
			6.1.10	中心位置	1
			6.1.11	供电	1
			6.1.12	接地	1
			6.1.13	钩头，电气部分	1
			6.2	车钩连接	1
			6.2.1	万向连接用特殊轴承	1
			6.2.2	连接叉	1
			6.2.3	引导支撑杆	1
7	万向连接	1			
			7.1	万向减振器，侧滚	1
			7.2	万向减振器，俯仰	1
			7.3	万向减振器，摇摆	1
			7.4	互联通道	1
			7.4.1	风挡	1
			7.4.2	风挡框架	2
			7.4.3	梯级踏板	1
8	电气设备	1			
			8.1	牵引	1
			8.1.1	牵引逆变器箱	1
			8.1.2	牵引电机	2
			8.1.3	牵引控制的速度传感器	4
			8.1.4	牵引控制单元	1
			8.1.5	可变遮断电阻	1
			8.2	辅助电能	1
			8.2.1	LV(低压)和MV(中压)接触器，继电器，熔断器，自动断路器	1
			8.2.2	蓄电池	1
			8.2.3	带电池充电的辅助静止变流器	1

9	空气制 动系统	1			
			9.1	制动控制装置	1
			9.2	直接制动控制装置	1
			9.3	电子控制单元	1
			9.4	信号复示屏	1
			9.5	防滑装置(1个/每轴)	1
			9.6	气动组合	1
			9.7	制动装置组	1
			9.8	动车转向架二系悬挂贮气缸	1
			9.9	拖车转向架二系悬挂贮气缸	1
			9.10	旅客报警制动	1
10	照明系统	1			
			10.1	车厢照明	1
			10.2	驾驶室照明	1
			10.3	外部照明	1
			10.3.1	白炽灯	2
			10.3.2	红灯	2
			10.3.3	绿灯	1
			10.3.4	中央灯	2
11	装配	1			
			11.1	车厢装配	1
			11.1.1	旅客座椅	61
			11.1.2	折叠座椅	2
			11.1.3	手动窗帘	18
			11.1.4	衣架(付)	1
			11.1.5	行李架	1
			11.1.6	扶手横杆(付)	1
			11.1.7	垃圾箱	1
			11.1.8	售票机	1
			11.1.9	灭火器	1
			11.2	驾驶室装配	1
			11.2.1	司机座椅(可调节)	1
			11.2.2	遮阳窗帘	3

12	自动 灭火器	1				
13	驾驶室 空调	1				
			13.1	通风	1	
			13.2	制冷	1	
			13.3	加热	1	
14	车厢空调	1				
			14.1	通风	1	
			14.2	制冷	1	
			14.3	加热	1	
			14.4	加热器	45	
15	速度表	1				
16	警惕按钮	1				
17	驾驶台	1				
			17.1	照明架	1	
			17.2	仪表架	1	
			17.3	视频监控	1	
			17.4	控制台	1	
			17.5	无线通信设备	1	
			17.6	ATP装置	1	
18	服务功能	1				
			18.1	旅客信息系统	1	
			18.1.1	扩音器	8	
			18.1.2	控制器	1	
			18.1.3	驾驶室控制单元	1	
			18.1.4	紧急广播单元	4	
			18.1.5	内部信息显示	2	
			18.1.6	外侧显示	2	
			18.1.7	电话听筒	1	
			18.2	视频监控系统	1	
			18.2.1	内部摄像机	2	
			18.2.2	外部摄像机	3	
			18.2.3	视频监控器	1	
19	洗刷系统	1				



20	命令和控制 诊断系统	1			
			20.1	命令和控制诊断	1
			20.2	输入输出遥控装置	1
			20.3	诊断监控	1
			20.4	仪器仪表监控	1
			20.5	TCN节点	1

图 A. 3 用树状分解图表表示的 EMU 结构示例

下面是个用树状图表来表示的 EMU 分解结构的示例(图 A.4)。

树状图表分解结构									
机车车辆：EMU拖车					文件号				
					版本号				
					版本日期				
					编制				
					页码/总页数				
					文件名				
代号	L1-系统	数量	代号	L2-子系统或LRU	数量	代号	L3-LRU	数量	
1	车体	1	1.1	隔热	1				
			1.2	客室侧窗	10				
			1.3	地板	1				
			1.4	侧墙，镶板	2				
			1.5	车顶	1				
			1.6	底架	1				
2	门	1	2.1	旅客门	2	2.1.1	驱动/动力单元	1	
						2.1.2	滚轴旋转臂，右	1	
						2.1.3	滚轴旋转臂，左	1	
						2.1.4	紧急出口装置(内部)	1	
						2.1.5	弯曲的线缆，紧急出口装置(内部)	1	
						2.1.6	紧急出口装置(外部)	1	
						2.1.7	弯曲的线缆，紧急出口装置(外部)	1	
						2.1.8	门页，右	1	
						2.1.9	门页，左	1	
						2.1.10	锁盒	1	
						2.1.11	遮光帘	1	
						2.1.12	控制单元	1	
			2.2	斜坡	2				
3	气动和制动系统	1	3.1	产生/处理空气组合	1				
			3.2	制动装置组合	1				
			3.3	旅客报警制动	1				
			3.4	主贮气缸	1				

4	照明系统	1			
			4.1	车厢照明	1
5	装配	1			
			5.1	车厢装配	1
			5.1.1	旅客座椅	37
			5.1.2	折叠座椅	12
			5.1.3	手动窗帘	12
			5.1.4	衣架(付)	1
			5.1.5	行李架	1
			5.1.6	扶手横杆(付)	1
			5.1.7	垃圾箱	1
			5.1.8	灭火器	1
6	自动 灭火器	1			
7	车厢空调	1			
			7.1	通风	1
			7.2	制冷	1
			7.3	加热	1
			7.4	加热器	45
8	服务功能	1			
			8.1	旅客信息系统	1
			8.1.1	扩音器	10
			8.1.2	紧急广播单元	5
			8.1.3	内部信息显示	2
			8.1.4	外侧显示	2
			8.2	视频监控系统	1
			8.2.1	外部摄像机	2
			8.2.2	内部摄像机	3
9	厕所	1			
			9.1	厕所真空冲洗系统	1
			9.2	水位传感器(最大和最小)	2
			9.3	控制按钮	1
			9.4	光电传感器	2
			9.5	双触点灯按钮	2



			9.6	压阻传感器	1
			9.7	液位的接触探针	1
			9.8	水的电空阀	1
			9.9	水箱	1
			9.10	HK厕所门的电气控制单元	1
			9.11	黑白水箱	1
			9.12	HK洗脸盆的电气控制单元	1
			9.13	与列车总线接口的电气控制单元	1
			9.14	HK室内布景	1
			9.15	完整的门锁	1
			9.16	HK制动门	1
			9.17	电烘干机	1
			9.18	WC自动清洁系统	1
10	电气设备	1			
			10.1	辅助电能	1
			10.1.1	LV(低压)和MV(中压)接触器, 继电器, 熔断器, 自动断路器	1

图 A. 4 用树状分解图表表示的 EMU 拖车结构示例

参 考 文 献

- [1] GB/T 21562—2008, 轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例
  - [2] IEC 60300 - 3 - 3, Dependability management—Part 3 - 3: Application guide - Life cycle costing
  - [3] IEC 60721 - 1, Classification of environmental conditions—Part 1: Environmental parameters and their severities
  - [4] IEC 62278:2002, Railway applications - Specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)
  - [5] CLC/TR 50126 - 2, Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)—Part 2: Guide to the application of EN 50126 for safety
  - [6] EN 15380, Railway Applications - Designation system for railway vehicles
  - [7] EN 15380 - 2, Railway Applications - Designation system for railway vehicles—Part 2: Product groups
  - [8] UNIFE LCC GROUP, Series of documents from Volume I to IV
-

中 华 人 民 共 和 国

铁道行业标准

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 21562 中机车车辆 RAM 的应用指南

Railway applications – Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS) – Guide to the application of GB/T 21562 for rolling stock RAM

TB/T 3278—2011

\*

中国铁道出版社出版、发行

(100054,北京市西城区右安门西街8号)

读者服务部电话:市电(010)51873174,路电(021)73174

中国铁道出版社印刷厂印刷

版权专有 侵权必究

\*

开本:880 mm × 1 230 mm 1/16 印张:3.25 字数:87 千字

2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷

\*



定 价: 32.50 元