

# 自动旅客运输系统的可靠性、可用性、可维护性和安全性(RAMS)管理

王 君

(中车浦镇庞巴迪运输系统有限公司,241060,芜湖//工程师)

**摘 要** 介绍了自动旅客运输(APM)系统引入RAMS(可靠性、可用性、可维护性和安全性)管理的必要性。构建APM系统的RAMS管理体系,明确全寿命周期各个阶段的RAMS任务。通过对APM系统项目进行RAMS管理,分析APM各阶段RAMS管理工作的要点和难点,保证APM系统在全寿命周期内以最优的成本效益持续达到高可靠的安全运行水平。

**关键词** 自动旅客运输;可靠性;可用性;可维护性;安全性

**中图分类号** X951;U239.8

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2019.10.032

## RAMS Management in APM System

WANG Jun

**Abstract** The importance of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS) management adopted in automated people mover (APM) system is introduced. To construct a RAMS management system for APM, the tasks of RAMS for each stage of APM life cycle must be determined. Through conducting RAMS management for APM project, the main points and difficulties of RAMS management at each stage of APM life cycle are analyzed, in order to achieve the sustainable and reliable safety operation level with the best cost-effectiveness throughout the life cycle of APM system.

**Key words** APM; reliability; availability; maintainability; safety

**Author's address** CRRC Puzhen Bombardier Transportation Systems Ltd., 241060, Wuhu, China

自动旅客运输(APM)系统作为一种全新的轨道交通制式,如何保证其可靠、安全运行,已成为行业内重点关注的问题。本文对APM系统的可靠性、可用性、可维护性、安全性(RAMS)管理提出了一套完整的技术体系及方法,用以支撑APM系统安全可靠性的设计,满足APM系统的日常运营、维修管理要求。

## 1 RAMS 管理的目的及主要内容

### 1.1 RAMS 管理的概念

RAMS 是反映轨道交通系统长期运行表现的特征属性。通过RAMS管理(如工程概念、方法、工具和技术)可反映出系统在规定时间内安全达到轨道交通规定水平的置信度<sup>[1]</sup>。

APM系统的RAMS管理,是指通过项目管理实施计划、组织、领导、协调、控制等职能来协调各级供应商和分包商的RAMS活动,使APM系统达到预期RAMS目标的活动过程。

### 1.2 RAMS 管理的目的

将RAMS管理引入APM系统的项目管理中,制定APM系统RAMS管理的组织、职责、程序,从整个系统的设计、制造、运营等各个阶段制定整体的、系统性的工作流程和实施目标,以确保APM系统的整体性能及运行安全。通过对产品在全寿命周期内执行一系列的活动,确保产品符合并满足客户、相关标准或规范提出的RAMS要求。同时,RAMS管理应确保能有效地在设计、开发、生产、测试和初步运营阶段中落实相关的设计目标,保证APM系统在全寿命周期内以最优的成本效益持续达到高可靠的安全运行水平。

### 1.3 RAMS 管理的主要内容

RAMS管理适用于APM系统的各级供应商和分包商。其管理内容包括在设计、制造、供货、试验和项目运营等各个阶段发生的所有RAMS活动,主要有:①构建负责实施RAMS管理的团队架构和职责说明;②统一RAMS活动所需要的方法论;③分解RAM和安全的目标;④定义RAMS管理的工作流程等。因此,RAMS管理是一项系统工程,需要将APM系统的最终需求和要求转化为适于各级供应商和分包商可使用的系统方法。



未解决的安全问题上报到最高管理层；

9) 管理供应商和分包商的 RAMS 工作。

3.2 RAMS 管理寿命周期

RAMS 管理寿命周期的确定应基于 APM 系统对 RAMS 的工作需求,是针对 APM 系统全寿命周期内全部 RAMS 工作的总体规划,包括:定义 APM 项目阶段;确定各阶段的 RAMS 活动;规定分工及

责任;规定 RAMS 活动的分工责任;明确了各阶段 RAMS 的输出物;制定出 APM 项目各阶段的 RAMS 评审机制。表 1 显示了全寿命周期各阶段与 RAMS 活动的对应关系。APM 系统的 RAMS 管理工作要求覆盖 RAM 活动和安全性活动 2 大方面,其管理流程如图 3 所示。

表 1 全寿命周期各阶段 APM 系统活动与 RAMS 活动对照表

序号	全寿命周期	APM 各阶段活动	RAMS 活动
阶段 1	概念	确定 APM 项目用途和范围;进行 APM 系统可行性研究	识别合同中的 RAMS 需求;根据以往经验,评估重大安全隐患
阶段 2	系统定义和适用条件	确定 APM 系统任务边界;拟定 APM 系统描述	RAM 活动策划;安全活动策划
阶段 3	风险分析	开展 APM 项目及核心子系统相关风险分析,包括:信号及列车控制系统、车辆系统、站台门系统、通信系统、导向轮系统、牵引供电系统、监控和数据采集系统、APM 侵入检测系统、车辆段设备	危害分析(系统/子系统/接口/操作及维护);建立危害日志
阶段 4	系统需求	开展 APM 系统需求分析;满足最终使用者的需求;确定管理、质量和组织的需求	规定全面的系统 RAM 要求;规定系统结构功能;建立 RAM 规划和 RAM 管理
阶段 5	系统需求分配	将 APM 系统需求分配给核心子系统	分配各专业和子系统 RAM 要求;将 RAM 要求分配给供应商
阶段 6	设计和实现	工程设计前总策划;各专业或子系统分部策划;根据产品设计规范和开发控制程序进行工程设计和开发;设计分析、测试、验证;工程实施和确认	依据设计和开发控制程序中要求的所有输出,通过复核、分析、测试和数据评估来实施 RAM 规划,包括可靠性分析、可用性分析、维修和可维修性等;开展程序控制,包括 RAM 规划管理、设计文件工序控制等
阶段 7	制造	制造核心子系统设备	可靠性增长测试
阶段 8	整合	APM 核心子系统安装、配合	危害日志管理
阶段 9	系统确认	APM 系统调试;APM 系统试运行	进行型式试验,完成功能安全验证;完成危害日志;完成 RAM 论证
阶段 10	系统验收	以验收准则为基础实施验收程序;汇集验收证据;APM 系统投入试运行	收集 RAMS 验证资料并汇总;评估 RAM 论证
阶段 11	运营和维修	配合解决运营和维护中的问题	收集、整理、分析、评估运营阶段的使用性能及故障数据,进行 RAM 统计;对照 RAM 设计目标,改进设计
阶段 12	停用及处理	无	经验总结及反馈

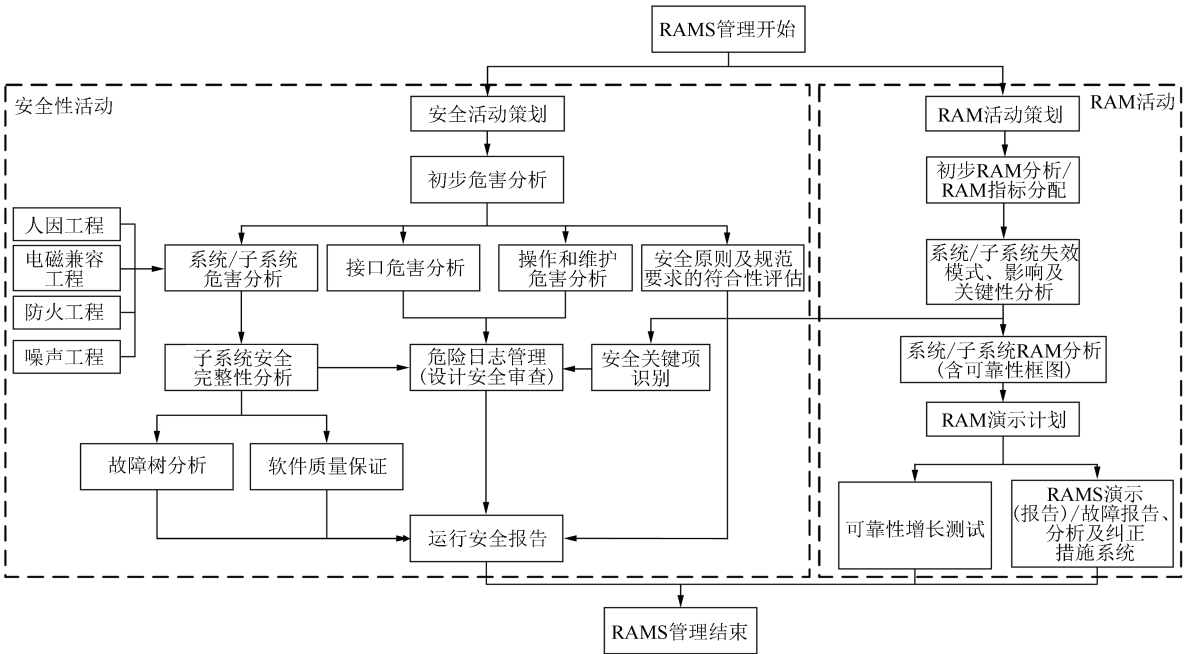


图 3 APM 系统的 RAMS 管理流程

(下转第 131 页)

方案 4 与前 3 种方案的另一个区别在于:方案 4 前后 4 个废排装置上所有排气口位置的压力均相差不大,且绝对值也较小,而前 3 种方案前面 2 个废排装置排气口位置压力绝对值较大,且与后两个废排装置排气口位置的压力有明显差距。因此,方案 4 的效果最好。

## 4 结语

列车最高运行速度超过 80 km/h 的轨道交通项目中,随着速度的增加,由于列车的车外负压增大、车外最大压力波动幅值和 3 s 内压力波动幅值增大等因素共同作用,导致了车辆废排装置排风性能下降,进而导致废排挡板无法克服重力并产生震颤和晃动,发出异响。因此,自然排风式废排装置的异响是由于其结构特点以及列车速度提高共同导致的,该废排结构不适合应用于速度较高的列车上。

在列车最大运行速度上升至 120 km/h 及以上时,由于空气动力学对车辆废排装置的影响,建议

考虑采用强迫排风式或无挡板转轴结构的废排方式;如果仍然使用自然排风方式,且有类似挡板转轴结构时,可考虑添加导流罩。建议采用流线型外形的导流罩。

本文仅分析了轨道交通车辆在高速运行时废排排气口位置压力的情况,建议后续可综合考虑车辆内部气流与外部气流的共同作用情况进行更为深入的研究。

## 参考文献

- [1] 莫培杰.高速客车空调通风系统空气动力问题[J].铁道车辆,1996,34(2):20.
- [2] 王芳,臧建彬.运行速度对地铁车辆排风风帽排风特性影响的研究[C]//中国制冷学会.2009 年学术年会论文集.天津:中国制冷学会,2009.
- [3] 朱冬进,王政,胡佳乔,等.90 km/h 以上速度级地铁车辆隧道空气动力学探讨[J].电力机车与城轨车辆,2017,40(4):71.

(收稿日期:2019-05-07)

(上接第 127 页)

### 3.3 RAMS 各阶段的验收及评审

RAMS 各阶段的验收和评审是 APM 系统全寿命周期中工作内容的重要组成部分,是保证 RAMS 特征的有效手段。按照验收阶段分为阶段性 RAMS 验收及评审、RAMS 专题验收及评审。

阶段性 RAMS 验收及评审是在某一阶段即将转入下一阶段时所进行的阶段性验收及评审。验收及评审结论作为能否转入下一阶段的重要依据之一。以阶段 6“设计和实现阶段”的 RAMS 验收及评审为例,其主要工作包括:①评审设计满足合同规定的 RAMS 要求,以及 RAMS 活动的完成情况;②评审 RAMS 设计的薄弱环节是否得到改进或彻底解决;③经过 RAMS 研制试验或增长试验后 APM 系统的 RAMS 水平;④评审供应商的 RAMS 管理及活动是否满足 APM 系统的 RAMS 要求。该阶段的验收及评审结论可作为是否能转入阶段 7“制造阶段”的依据之一。

RAMS 专题验收及评审类型包括:①子系统/产品 RAMS 工作计划评审;②RAMS 设计分析专题评审,包括故障树分析、软件质量保证分析、子系统安全完整性分析等;③RAMS 增长试验评审;④重大故障分析,以及故障报告、分析和纠正措施(FRA-

CAS)系统评审。在 APM 系统及各子系统的寿命周期各个阶段,可根据项目要求或特殊需求进行 RAMS 的专题验收及评审活动。

## 4 结语

决定 APM 系统运营成功与否的因素包括:安全、运营表现(高可靠)和成本效益。本文针对 APM 系统的 RAMS 特性,提出了一套适用于 APM 系统的 RAMS 管理体系,明确全寿命周期各个阶段的 RAMS 管理要求,从而使 RAMS 管理贯穿于 APM 项目的设计、制造和安装、试验和调试、集成及系统验收、运营等各阶段,并将其管理效果反馈到设计中,用以对 APM 项目的设计作进一步的改进与完善,最终提高 APM 系统 RAMS 水平,确保 APM 系统在全寿命周期内以最优的成本效益持续达到高可靠的安全运行水平。

## 参考文献

- [1] CENELEC. Railway Applications-The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)-Part 1: Generic RAMS Process;EN 50126-1—2017[S].2017.

(收稿日期:2019-05-07)