

基于光通信站间安全信息传输设备 RAMS 技术运用与研究

朱娜

上海铁路通信有限公司 上海 200070

摘要: 基于光通信站间安全信息传输设备用于列车速度为 160km/h 及其以下铁路半自动闭塞区段, 自动闭塞区段站间和场间信号安全信息传输。本文从 RAMS 策划、RAMS 目标、RAMS 计算分析的等过程展开, 对站间传输系统 RAMS 技术运用具有一定的实用价值。

关键词: 基于光通信站间安全信息传输设备; RAMS; MTBF

作者简介: 朱娜(1978-8), 汉族, 上海人, 女, 本科, 工程师, 研究方向: 计算机及应用专业。

RAMS 指可靠性 (Reliability), 可用性 (Availability), 可维修性 (Maintainability) 和安全性 (Safely)。具有良好的 RAMS 一直是铁路产品的基本要求。有效的 RAMS 分析是评价系统设计是否满足要求的重要手段。基于光通信站间安全信息传输设备用于列车速度为 160km/h 及其以下铁路半自动闭塞区段, 自动闭塞区段站间和场间信号安全信息传输。

1 系统描述

基于光通信站间安全信息传输设备可以采集两个方向的闭塞信号, 转化为相应的数字信息后通过 2M 或光纤通道传递至邻站, 在邻站解出相应信息后, 输出满足闭塞要求的驱动信号, 由传输设备主机、通信适配盒和切换报警盒组成。传输设备主机设计采用 2×2 取 2 的安全冗余结构, 整个基于光通信站间安全信息传输设备由主备关系的 A、B 机和输出表决器 (以下简称: 切换板) 组成, 以提高系统的安全性与可靠性。主机的 A、B 机均具有完备的自诊断功能, 能及时发现故障、报警并自动退出。当 A 机出现故障时主机将自动切换到 B 机工作, 当 B 机出现故障时主机将自动切换到 A 机工作, 符合铁路信号“故障-安全”原则。

2 RAMS 目标

2.1 可靠性目标

MTBF (Mean Time Between Failure), 平均无故障时间, 指系统不丧失任何功能情况下运行, 此时系统可处于正常运行或降级运行模式的平均时间。可靠性用平均无故障时间来表示。

依据中国铁路总公司企业标准 Q/CR 623-2017 号《基于光通信的站间安全信息传输系统》中的规定, 基于光通信站间安全信息传输设备的平均故障间隔时间应该满足下面的要求: $MTBF \geq 10^6$ (h)

2.2 可维护性目标

MTTR (Mean Time To Repair), 平均修复时间, 指系统由功能丧失模式 (即故障运行模式或失效模式) 发生的瞬间, 修复到系统全功能模式 (即正常模式或降级模式) 的瞬间所用的全部时间。该时间包括系统故障报警, 维修人员赶到现场, 故障诊断, 故障排除, 系统调试, 系统重新启动, 直至系统全功能运行为止。不包括因为系统功能中断至再恢复后为保证列车运行安全所必需经过的安全规程所造成的列车降级运行时间。

基于光通信站间安全信息传输设备属于站间闭塞信号传输

通道的重要组成部分, 设备出现故障会导致站间行车闭塞无法正常办理, 因此从维修时间上考虑, 现场维护主要针对单板级而不考虑元器件级。设备出现故障时, 应该先对故障点进行定位, 然后更换故障板卡, 确定设备恢复正常后再重新运行。设备现场维护时工作量较少, 因此包括故障定位及板卡更换在内的 MTTR 目标定为小于 0.5 小时。

2.3 可用性目标

$$\text{固有可用性} = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF}$$

2.4 安全性目标

SIL (Safety Integrity Level), 安全完整性等级等级, 分为 4 级, 通过分析风险后果严重程度、风险暴露时间和频率、不能避开风险的概率及不希望事件发生概率等因素综合得出。级别越高要求其危险失效概率越低。

依据中国铁路总公司企业标准 Q/CR 623-2017 号《基于光通信的站间安全信息传输系统》的规定, 基于光通信站间安全信息传输设备属于 SIL4 等级, 平均 MTBF 应该满足: $MTBF \geq 10^9$ (h)。

3 RAMS 计算分析

3.1 RAMS 预测

3.1.1 可靠性分析

3.1.1.1 可靠性建模

可靠性建模是根据系统工作原理建立的体现产品完成特定功能或任务的可靠性模型, 模型的组成单元为系统中能够确定其故障数据的功能模块。

基于光通信站间安全信息传输设备由传输设备主机、通信适配盒和切换报警盒组成。其中传输设备主机采用基于 2×2 取 2 的安全冗余结构, 由主备关系的 A、B 系和系统安全输出表决器 (切换板) 组成, 提高系统的安全性与可靠性。传输设备主机的 A、B 系均具有完备的自诊断功能, 能及时发现故障并报警且自动退出, 主机出现故障将自动切换到备机工作; 通信适配盒主要对传输设备主机的传输通道进行协议转换; 切换报警盒实现传输设备主机双向的状态实时监测和报警指示, 同时可进行光电传输通道切换。

依据基于光通信站间安全信息传输设备的功能要求, 当其中任何一个模块出现故障时, 就认为设备处于故障状态。因此, 可靠性模型采用的是串联模型, 具体如下图 1 所示:

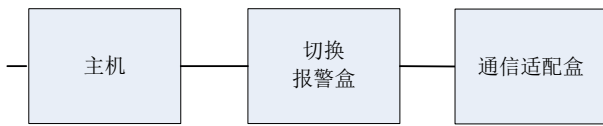


图 1 基于光通信站间安全信息传输设备可靠性框图
从传输设备主机的功能构成来看，其可靠性框图 2 所示：

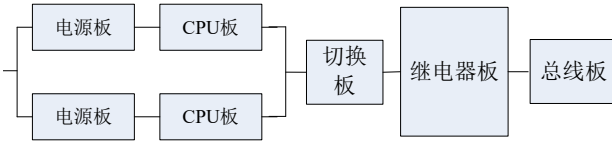


图 2 传输设备主机可靠性框图

3.1.1.2 可靠性预计

依据基于光通信站间安全信息传输设备可靠性建模可知，传输设备主机、通信适配盒、切换报警盒之间采用串联模型，设备可靠性预计的具体计算方式如下所示：

$$\lambda S = \sum \lambda_i$$

$$MTBF = 1 / \lambda S$$

式中， λS 是总体失效率， λ_i 是设备中第 i 个模块的失效率，MTBF 是平均故障间隔时间。

3.1.1.3 可靠性计算

基于光通信站间安全信息传输设备的可靠性预计计算是根据组成设备的安全电路的元器件的可靠性来估计的，是一个自下而上，从局部到整体、由小到大，在产品的设计开发过程中也是动态改进、优化的过程。

安全电路的元器件的可靠性分析数据主要依据《GJB/Z 299C-2006 电子设备可靠性预计手册》和供应商厂家提供的信息获取，因此需要对供应商进行严格的监管并建立器件级的 MTBF 数据库。

基于光通信站间安全信息传输设备各模块及整体的故障率如表 1 所示，预测时采用的环境条件为：环境温度 40 摄氏度，环境类型 GF1（一般地面固定）。由表中数据可知基于光通信站间安全信息传输设备各模块故障率与总体故障率是满足其可靠性分配目标与可靠性指标的。

表 1 CXG-st 型基于光通信站间安全信息传输设备故障率预测数据总表

设备名称	功能模块	MTBF (小时)	故障率 (10 ⁻⁶)
CXG-st 型基于光通信站间安全信息传输设备	传输设备主机	/	0.8803515
	切换报警盒	/	0.100452
	通信适配盒	/	0.054
总计 (主机 + 切换报警盒 + 通信适配盒 / 4)		1005729	0.9943035

3.1.2 可维修性分析

基于光通信站间安全信息传输设备属于站间闭塞信息传输通道的重要部分，车站信号工区技术人员会定期对在用的设备进行检测。考虑到尽量减少对现场运营的影响，如果发现设备出现故障，技术人员只需用现场备用模块更换故障模块，并对更换后的设备进行检测以确保正常工作，将故障模块返回工厂，不需要在现场进行板级维修。

纠正性维护计划是指基于光通信站间安全信息传输设备出

现故障后，现场及厂内进行相应的处理计划，包含现场维修作业与产品回厂后的维修作业。

预防性维修计划是指建议客户每月对基于光通信站间安全信息传输设备进行预防性维护的指导建议，包含现场的维修作业。

维修时间由参与维修的人员和数量确定。依据基于光通信站间安全信息传输设备的特点，将现场维修作业分解为七个步骤：1- 准备、2- 故障确定及隔离、3- 拆卸（分解）、4- 更换、5- 重新组装、6- 启动、7- 校验，现场维修作业工时总和 = $\sum_{i=1}^n T_i N_i$ ，其中 T_i 为序号为 i 的现场维修作业周期， N_i 为序号为 i 的维修作业所需人员数量；

厂内维修作业分解为 3 个步骤：1 - 板级故障确定，2 - 元器件更换，3 - 测试检验，厂内维修作业工时总和 = $\sum_{i=1}^n T_i N_i$ ，其中 T_i 为序号为 i 的厂内维修作业周期， N_i 为序号为 i 的维修作业所需人员数量。

基于光通信站间安全信息传输设备平均修复时间 (MTTR) 可通过下列公式计算：MTTR = 总修复时间 / 总故障次数。

3.1.3 可用性分析

可用性是在某个考察时间段，系统能够正常运行的概率或时间占有率期望值。考察时间为连续使用期间的任一时刻，则称固有可用性。基于光通信站间安全信息传输设备的固有可用性可通过下列公式得出：

$$\text{固有可用性} = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF}$$

3.1.4 安全性分析

安全性指没有非允许损坏的危险。安全性需通过风险评估，达到可接受的风险等级。安全性用安全完整性登记 (SIL) 来表示。对于不同安全完整性等级的产品可以采用不同风险分析方法。安全基于光通信站间安全信息传输设备安全等级属于 SIL4 级。

3.2 维修费用的预测

依据 4.2.2 中纠正性维护计划和预防性维护计划来对维修费用进行预测计算。维修费用包括现场维修作业发生的费用和故障产品返厂后的维修作业所发生的费用。

4 结语

综上所述，根据基于光通信站间安全信息传输设备的特点，首先对设备的可靠性、可维修性、可用性、安全性提出了设计目标。在后续设计研发过程中，研发人员既要考虑了设备的功能性目标，还要考虑设备的 RAMS 目标，最终通过计算分析验证设备的各项指标是否符合设计要求。

参考文献：

[1] GJB/Z 299C-2006 电子设备可靠性预计手册。
 [2] EN 50126:2017 铁路应用—可靠性、可用性、维修性和安全性技术规格和验证。
 [3] 中国铁路总公司企业标准 Q/CR 623-2017：基于光通信的站间安全信息传输系统。
 [4] 铁道部 .TB/T3133-2006. 铁道机车车辆电子产品的可靠性、可用性、可维护修项和安全项 (RAMS) [S]. 北京：中国铁道出版社，2006。