

文章编号: 1005-8451 (2011) 11-0045-04

## CTCS-3 级列控系统中 GSM-R 车载通信系统的研究

黄 威, 赵振杰

(北京首科中系希电信息技术有限公司 研发中心, 北京 100070)

**摘要:** 采用 GSM-R 进行车-地列控数据传输是 CTCS-3 级列控系统的重要特征之一。本文在研究 CTCS-3 级列控系统总体技术方案的基础上, 对 GSM-R 车载通信系统的需求进行了分析和研究, 整理了 GSM-R 车载通信系统的设计和开发中的标准、规范与约束, 并给出了一种系统结构的设计思路。

**关键词:** CTCS-3; 列控系统; GSM-R; RTM

**中图分类号:** U285.21 : TP39 **文献标识码:** A

### Research on GSM-R Onboard Communication System in CTCS-3

HUANG Wei, ZHAO Zhen-jie

(Center of Research and Development, Beijing Xi-dian Information Technology Co., Ltd. Beijing 100070, China)

**Abstract:** Using the GSM-R network to transfer train control data was one of the important characteristics of CTCS-3. Based on the research of the integrated technical plan of CTCS-3, the article deeply analyzed and researched on all sorts of the requirements of the GSM-R Onboard Communication System, summed up its standard, criterion and restrict in the design and development, and given a kind of integrated design idea for the system structure.

**Key words:** CTCS-3; Train Control System; GSM-R; RTM

列车运行控制系统是保证列车运行安全、提高运输效益的重要系统。进入 20 世纪 90 年代后, 世界上许多国家研制开发了自己的列控系统, 其中在技术上比较有代表性且已投入使用的包括: 日本的 DS-ATC 系统、法国 TVM430 系统、德国 LZB 系统、欧洲 ETCS 系统和中国 CTCS 列控系统。

中国目前已掌握了最高 250 km/h 速度的 CTCS-2 级列控系统的全部技术和装备, 正在投入进行 CTCS-3 级列控系统相关技术和装备的自主创新研究和开发工作。CTCS-3 级列车运行控制系统是“十一五”科技支撑计划“中国高速列车关键技术研究及装备研制”项目的重要研究内容之一。

CTCS-3 级列控系统的重要特点之一就是取消了 CTCS-2 级中基于轨道电路和查询应答器来传送列控数据, 取而代之的是采用 GSM-R 数字移动通信系统传输车-地双向列控数据, 使得在 350 km/h 的速度下车-地的信息传输可靠性得到了保障。

### 1 CTCS-3 级列控系统

CTCS-3 级列控系统是基于 GSM-R 无线通信

收稿日期: 2011-01-24

作者简介: 黄 威, 工程师; 赵振杰, 工程师。

实现车-地信息双向传输, 无线闭塞中心 (RBC) 生成行车许可, 轨道电路实现列车占用检查, 应答器实现列车定位, 同时具备 CTCS-2 级列车运行控制系统的功能。

CTCS-3 级列车运行控制系统主要由地面部分和车载部分组成, 其中地面部分主要包括: 无线闭塞中心 (RBC)、地面列控中心 (TCC)、ZPW-2000 (UM) 系列轨道电路、应答器 (含 LEU)、GSM-R 通信接口设备等子系统组成。

车载部分主要包括: 车载安全计算机 (VC)、应答器信息接收模块 (BTM)、轨道电路接收单元 (TCR)、测速测距单元 (SDU)、人机界面 (DMI)、列车接口单元 (TIU)、司法记录单元 (JRU)、GSM-R 无线传输模块 (RTM)、动态监测接口等子系统组成。

### 2 GSM-R 车载通信系统需求

车-地通信对 CTCS-3 级列控系统有着极其重要的意义, GSM-R 车载通信系统性能的稳定性、安全性和实时性直接关系到控车数据能否在无线闭塞中心 (RBC) 与机车之间的可靠传输, 以致影响到列车能否在 CTCS-3 级列控系统的控制下安

全、可靠的运行。通信的故障将会导致系统由CTCS-3级降级到CTCS-2级运行。

机车向地面发送的信息主要包括一些固定或变化的状态信息，例如：列车车次、长度等列车固有信息；列车运行速度等动态信息；设备工作状态或故障信息；列车限制性信息等等。地面向机车发送的信息主要包括一些控车数据，例如：包含目标距离、目标速度的行车许可；有条件的或无条件的紧急停车；临时限速；外部报警信息等等。

## 2.1 功能性需求

### 2.1.1 注册注销

RTM开机或从CTCS-2级列控区域进入CTCS-3级列控区域时会自动搜寻网络，在GSM-R网络识别并注册成功，读取存储的RBC电话号码，呼叫并建立安全链接，在RBC注册车载设备的有效身份之后，具备了列控数据传输的条件。

RTM关机或从CTCS-3级列控区域降级到CTCS-2级列控区域时，RBC会注销车载设备有效身份，然后断开安全链接。

### 2.1.2 数据传输

进行CTCS-3级列控数据的收发，对数据的有效性进行初步判断，对部分数据进行处理。完成数据加解密、时间戳、超时机制、鉴权和认证等等安全措施。

### 2.1.3 链路维护和通信接续

对通信链路进行实时检测，在通信掉网或GSM-R电台故障时，启用备用电台重新进行建立通信链路。

RTM在单套或双套GSM-R模块正常的情况下，都能完成列车通过RBC管辖边界时的RBC越区切换工作。

### 2.1.4 监测和检测

对RTM的各种操作控制、数据收发做记录。对RTM的运行状态、供电状态、工作环境温度、网络服务质量等信息做监测，记录监测数据。

对RTM的各种记录和监测数据进行分析，记录设备的各种工作状态变化和异常信息，并将工作状态变化和异常信息传输到地面中心，进行实时监测和分析。

接收库检台发出检测命令，RTM对自身做故障检测、向库检台回复检测结果。

### 2.1.5 数据的维护和管理

RTM中记录数据的自动维护和管理。

监测服务器中监测数据的自动维护和管理。

库检台中库检数据的自动维护和管理。

## 2.2 非功能性需求

RTM应实现或辅助系统实现的非功能性需求如下：

关键设备的MTBF (Mean Time Between Failure) 应不小于  $10^6$  h，一般MTBF不小于  $10^5$  h。

核心设备的完整性等级 (SIL) 达到4级，系统TRH (Tolerable hazard rate) 不大于  $10^{-9}$ ，并通过独立安全认证。

信息传输应遵循ITU-T建议的X.224、T70等通信协议相关标准。

## 2.3 通信指标要求

移动台发起的连接建立时间： $<8.5$  s(95%)、 $<10$  s(100%)

链接建立失败概率： $<10^{-2}$

最大端到端传输时延(30byte用户数据)： $\leq 0.5$  s(99%)

链接丢失概率： $\leq 10^{-2}/h$

传输干扰时间： $<0.8$  s(95%)、 $<1$  s(99%)

传输无差错时间(传输恢复时间)：TREC： $>20$  s(95%)、 $>7$  s(99%)

网络注册时延： $\leq 30$  s(95%)、 $\leq 35$  s(99%)、 $\leq 40$  s(100%)

## 3 GSM-R 车载通信系统设计和实现的约束

车载通信系统的设计和实现的约束，是指设计中必须遵循和实现的条件。主要包括实现车载通信系统必须遵循的相关标准和规范，其内容包括车载通信系统相关功能和性能的限制要求，具体如下：

### 3.1 CTCS-3级列控系统总体技术要求

CTCS-3级列控系统总体技术方案以框架的形式，从工作模式、运行场景、系统结构、设备组成和主要功能等各个方面规定了CTCS-3级列控系统的设计要求。

车载通信系统的设计需要参考CTCS-3级列控系统的整体结构，研究车载通信系统在整个CTCS-3级列控系统中的位置、理解CTCS-3级列控系统的各个部分的链接关系等。

车载通信系统的主要功能也要从列控系统的主要工作模式、运营场景、系统组成和设备功能中提取,再结合列控系统工作的流程、实际操作等情况进行细化和完善。

### 3.2 CTCS-3 级列控系统与 GSM-R 网络接口要求

CTCS-3 级列控系统与 GSM-R 网络接口要求中,规定 GSM-R 车载通信系统与 GSM-R 网络之间的IGSM-R 接口的接口组成、接口特性、接口定义、控制方式、控制流程等要求。

车载通信系统中设备与GSM-R 网络间接口的定义,物理、电气、机械特性,车载通信系统与 GSM-R 网络的数据传输、信令流程等,都必须遵循这些要求。

### 3.3 可靠性、有效性和维修性要求

GSM-R 车载通信系统在可靠性、有效性、维修性和安全性方面的设计和实现遵循 IEC62278 标准,具体实现为:

确定系统的安全等级,对车载通信系统而言,由于有故障导向安全的措施,系统的故障等级可由特大级降低为重大级,但安全完整性级别至少应达到 3 级。

制定车载通信系统各个部分的故障发生频度和结果严重性等级的矩阵,将通信系统故障严重性与 CTCS-3 级列控系统故障严重性的对应起来,并制定严重性等级相对应的应急措施。

确定通信系统各个部分的可靠性、有效性和维修性和安全性要求,指导系统的设计过程。在实现中规范流程和管理制度,确保各个部分在实现中达到各项服务指标。

### 3.4 电磁兼容性要求

GSM-R 车载通信系统在电磁兼容性方面遵循 IEC62236-4 标准,该标准描述了铁路现场信号传输和通讯设备的辐射和抗干扰性限制以及这些设备的性能指标。

RTM 位于机车上,所处的电磁环境非常复杂,因此在各组成设备的电路设计、电源和滤波处理、结构和工艺设计、PCB 和走线等等过程中都要考虑电磁兼容性方面的要求。

电磁兼容相关指标包括:浪涌、脉冲群、静电放电、射频电磁场辐射抗扰度、射频场感应的传导抗扰度、传导发射和辐射发射等等,电磁兼容各项指标都要符合该标准。

### 3.5 通信安全性要求

GSM-R 车载通信系统通信安全性方面遵循 IEC62280-2 标准,该标准描述了在开放的传输系统中有关通信安全的要求。

系统采用了发送端和接收端对等实体间的消息源认证/消息完整性方法,确保安全链接的可靠建立和释放,以及用户数据在传输过程中的完整性和真实性,能有效的避免重复消息、删除消息、插入消息、乱序消息、篡改消息、延时消息、虚假消息的干扰,保证了整个通信系统的可靠安全。

## 4 GSM-R 车载通信系统设计

GSM-R 车载通信系统结构如图 1,该系统由 GSM-R 无线传输模块 (RTM)、监测服务器、库检台和辅助设备 (模拟 ATP 设备和模拟 RBC 设备) 构成。

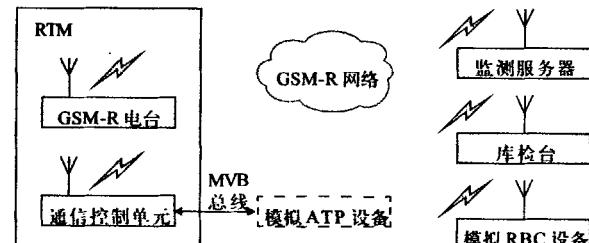


图 1 GSM-R 车载通信系统结构图

其中 GSM-R 无线传输模块 (RTM) 主要由 GSM-R 电台和通信控制单元构成,位于机车上;监测服务器位于通信系统的监测中心;库检台位于机务系统的检修中心;模拟 ATP 设备和模拟 RBC 设备作为辅助设备用于需要做系统实验和仿真、设备测试与调试、例行检查和维修的地方。

车载通信系统各个部分的功能如下:

**GSM-R 电台:** 负责接入 GSM-R 移动通信网络中,属于 MT2 (Mobile Termination 2) 类终端设备。

**通信控制单元:** 负责无线通信的建立、通信链路的维护、通信数据转发、数据安全传输的控制。

**库检台:** 负责为 RTM 做出入库检测,包括库检命令的发起、接收,库检数据的分析、显示、存储、管理等等。

**监测服务器:** 负责监测在线运行机车的通信状态和通信设备故障等信息,可监测的车载通信

单元的数量为 RBC 管辖范围内的最大机车数量。

模拟 ATP 设备：模拟 CTCS-3 级列控系统中的 ATP 设备，负责 ATP 与通信控制单元的通信接口功能。

模拟 RBC 设备：模拟 CTCS-3 级列控系统中的 RBC 设备，负责 RBC 与通信控制单元的通信接口功能。

## 5 结束语

利用 GSM-R 进行列控数据的传输是 CTCS-3 级列控系统区别于 CTCS-2 级列控系统的重要特征之一，GSM-R 车载通信系统在整个 CTCS-3 级列控系统中具有举足轻重的作用。

CTCS-3 级列控系统的 GSM-R 车载通信系统目前还处于研究和开发阶段，要实现具有自主知识产权的 GSM-R 车载通信系统，并成功的应用于中国的高速铁路，还需要进行列车总线接口技术、监测与诊断技术、高速环境适应性、工艺与结构等

方面的研究。同时还需要在行业标准、研究实现、工程实施、系统测试、系统集成等方面结合中国铁路的实际，不断的创新与完善。

### 参考文献：

- [1] CTCS-3 级列控系统系统需求规范. 科技运[2008]127号[S]. 北京：中国铁道出版社，2008.
- [2] CTCS-3 级列控系统 GSM-R 网络需求规范 (V1.0). 科技运[2008]168号[S]. 北京：中国铁道出版社，2008.
- [3] IEC 62278 Railway applications Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS) First edition 2002, 9.
- [4] IEC62236-4 Railway applications Electromagnetic compatibility Part 4: Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus Edition 2.0 2008, 12.
- [5] IEC 62280-2 Railway applications Communication, signalling and processingsystems Part 2Safety-related communicationin open transmission systems 2002, 10.

责任编辑 方圆

(上接 P38)

公式及计费参数字典等。(5) 票据管理。统一对各种票据进行管理，包括票据审核发放、票据使用情况查询、票据作废与调拨、票据使用情况统计及报表打印等。

## 5 系统特点

(1) 人机界面友好，操作简洁方便。系统采用 C# .NET 软件工具开发，符合 Windows 系统操作习惯。(2) 易学易用，尽量减少用户的记忆负担。对于熟悉铁道部制票软件的货运员基本上不用培训就可以直接进行操作。同时，对应很多输入项都有提示栏提供相关的录入帮助。(3) 尽可能减少输入数据的工作量。(4) 能对输入的数据进行校验，保证数据的正确性和完整性。(5) 具有良好和可靠的维护管理功能。(6) 功能尽可能全面，基本满足用户对各种制票的要求。(7) 提供灵活的计费维护手段，系统使用后，当计费方式发生变更时，一般情况下，只需管理用户维护计费公式及相关计费参数表即可实现收费的变更或添加新的计

费科目，而不需对软件进行大的修改和升级。

## 6 结束语

由于系统采用统一的数据库管理方式，可以加强货票和杂费票据信息的管理水平，提高货票信息监督和维护水平，灵活的收费方式可加大企业货运营销力度、建立与市场紧密联系的营销策略，严格的票据管理功能可以减少票据使用中的浪费现象。系统的投入使用，总体提升了徐沛铁路管理处货运水平，为增加铁路运输量提供优质高效的信息技术支持。

### 参考文献：

- [1] 刘耀儒，张莉，宋锦华. 新概念 SQL SERVER2005 教程 [M]. 5 版. 北京：兵器工业出版社，2007.
- [2] 铁道部货票系统管理维护组. 铁路货运制票 [M]. 北京：中国铁道出版社，2008.
- [3] 李佳. IT 管理系统中采集管理子系统的设计与实现 [D]. 北京：北京邮电大学，2006.

责任编辑 杨利明