

中文摘要

摘要: 本文通过对铁路第六次大提速引进的 CTCS-2 级列车运行控制系统进行分析研究, 查找存在的主要问题, 通过对现场的调查研究, 从设备、技术和管理方面结合所学的理论知识进行分析, 找出其中的原因并结合铁路管理现状制定相应改进方案。研究主要针对地面设备和 ATP 车载设备分别进行了分析研究, 找出其中引起问题主要原因并进行了措施研究。

列车速度提高到 160km/h 以上时, 必须对列车的开环控制变为闭环控制, ATP 已成为行车安全不可缺少的重要技术设备。ATP 由地面信号设备和车载设备共同组成的闭环高安全系统, 是地面联锁向车载设备的延伸, 在此基础上实现了以车载设备为主的行车方式。在实施 ATP 的过程中, 都是以故障安全作为最重要的技术条件, 将地面和车载设备按一个系统设计, 保证整个系统的高安全、高可靠性。

列控系统对于我们来说是比较新的系统, 在胶济线投用初期仍然存在以地面信号为主, 以机车信号为辅的行车方式, 对列车运行实行开环控制, 依靠司机严守信号保证行车安全。通过对胶济线动车组试验及正式开行后存在的问题进行了分析, 弄清存在问题的主要原因, 为以后的工作打下了基础。

关键词: 高速列车 运行控制系统 ATP

分类号: TM714

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解北京交通大学有关保留、使用学位论文的规定。特授权北京交通大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，并采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编以供查阅和借阅。同意学校向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘。

(保密的学位论文在解密后适用本授权说明)

学位论文作者签名：侯寿疆

导师签名：张亦黄

签字日期：2007年12月1日

签字日期：2007年12月20日

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作和取得的研究成果，除了文中特别加以标注和致谢之处外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得北京交通大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名：侯寿疆

签字日期：2007年12月1日

致 谢

本论文的工作是在我的导师张亦黄教授的悉心指导下完成的，张教授严谨的治学态度和科学的工作方法给了我极大的帮助和影响。在此衷心感谢三年来电气工程学院的领导和老师们对我的关心和指导。

南车四方机车车辆股份有限公司技术中心的高级工程师邓学寿、主管工程师胡学永悉心指导我完成了相关的调研工作，在学习上和工作中都给予了我很大的关心和帮助，在此向邓学寿表示衷心的感谢。

济南铁路局济南车辆段袁啸阳段长对于我的研究工作和论文也提出了许多的宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢。

在调查研究工作及撰写论文期间，我单位技术科、运用科和各车间的同事们对我论文中的原始数据积累给予了热情支持和帮助，在此向他们表达我的感激之情。

另外也感谢我的妻子和家人，她们的理解和支持使我能够专心完成我的学业和进行研究撰写完成论文。

1 引言

1.1 选题目的

当今世界发达国家铁路的机车车辆已经实现了标准化、系列化模块化和信息化,其设备的可靠性、可维修性和经济性亦达到了很高的水平,机车的发展趋势是不断完善的网络控制技术、交流传动技术、高速和重载技术,使机车整体水平不断提高,客车以高速、舒适度和人性化为主攻方向,货车以重载、提速和高可靠性为主要发展方向。

高速、舒适、安全、环保是世界高速列车追求的目标,目前许多国家都已开行了高速旅客动车组,其中日本新干线高速列车已发展到 700 系、E4 系、正在设计开发的 STAR21 高速列车时速将达到 350 公里,最高时速 400 公里;德国的 ICE、西班牙的 AVE、法国的 TGV 等系列高速列车也正服务于各自的高速铁路线上,高速列车将成为 21 世纪人们旅行的主要方式。

中国铁路由于种种原因,机车车辆及信号水平整体技术较世界先进水平差距较大,特别是在许多关键技术远远落后于发达国家,在客车速度方面,时速 300 公里的高速铁路成套技术至今还是空白。

承认差距正是为了缩小差距,铁道部党组才提出了铁路跨越式发展。按照“引进先进技术,联合设计生产,打造中国品牌”的总体要求,通过市场换技术,走技贸结合、自主创新的路子,通过技术引进,消化吸收,生产出时速 200 公里的高速列车,其中由南车集团四方机车车辆股份有限公司与日本川崎重工株式会社合作,生产出“和谐号”CRH2 型动车组,其主要列控设备就是安装引进的日立公司的 ATP 车载设备。第六次大提速,济南局将在胶济、京沪线上应用此类设备,作为参加过列控试验和将来使用的人员,在试验过程中发现仍然存在各种问题,如果这些问题不能的到解决,不但会对行车安全带来隐患,而且还会影响铁路第六次大提速的声誉。

通过对列控系统的研究,不仅可以掌握车载设备、地面设备的组成及工作原理,而且通过研究,可以为我们将来高速列车的安全运行提供理论知识,为

顺利实施第六次大提速提供装备保证，加快我国铁路现代化的步伐。

1.2 列控系统主要组成原理

列车速度防护系统 ATP(Automatic Train Protection System)是列车超速防护和机车信号系统的一体化系统。列控 ATP 系统主要由车载设备及地面设备两大部分组成，地面设备与车载设备一起才能完成列车运行控制的功能。

下面是列车运行控制系统地面设备原理框图。

地面控制中心通过电缆与铁路线上的轨道电路、信号机、应答器等设备相连，主要完成列车位置检测、形成速度信号及目的距离等信号，并将此信号传递给列车，车载设备将按照速度信号控制列车制动。

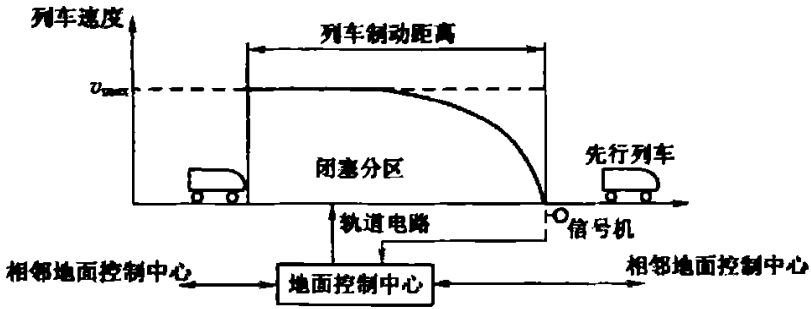


图 1.1 列车运行控制系统地面设备原理框图

车载设备主要由天线、信号接收单元、制动控制单元、司机显示器、速度传感器等组成。

机车头部的天线接收到地面的速度命令及目的距离等信号，经过信号接收单元放大、滤波、解调后，将此命令的数据送到司机显示器和制动控制单元。制动控制单元收到速度传感器传送的信号，测量出列车的实际速度，将实际速度与信号命令比较，如果判断列车需要制动，则产生制动信号，直接控制列车制动系统。列车就会自动减速或停车。

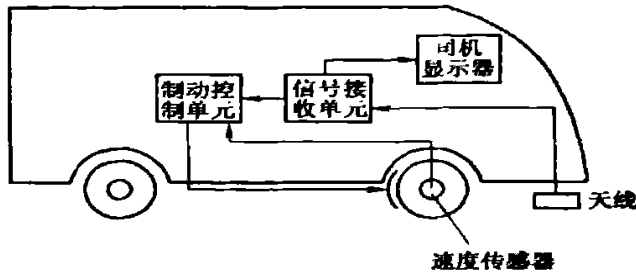


图 1.2 车载设备结构框图

1.3 目前德、法、日等先进国家关于列控系统应用综述与比较

列车速度的不断提高，靠地面信号行车已不能保证行车安全，必须靠车载信号设备对列车实施运行控制，ATP 已成为行车安全不可缺少的重要技术装备。20 世纪 90 年代以来，世界范围内掀起了一个轮轨高速铁路建设的新高潮，其特点集中表现在高速度、高舒适度、高安全度和高效率。近年来，作为世界上铁路最发达的地区，欧洲铁路公司和信号公司在对各自的既有信号系统进行升级改造的同时，在欧盟委员会和国际铁路联盟的推动下，为信号系统的互联和兼容问题制定了相关的技术标准，并研制和开发了相关的产品，其中就包括列车运行控制系统——ETCS 标准。

法、德高速铁路采用“人控优先”的设计原则，系统采用双重冗余方式，比日本新干线的三重冗余所用设备少，造价也较低。法德采用“人控优先”的控制原则。列车正常运行由司机驾驶，只有在司机失误并可能出现危险的情况下列控设备才强迫列车制动。法德铁路认为这种人机关系有利于发挥司机的技术能力，加强其责任感。日本新干线 ATC 系统采用“设备优先”的控制原则。列车减速一般由设备完成，当列车速度减到 30 km/h 以下需要在车站停车时才由司机操纵以保证列车停在正确位置。法德列控设备制动后，当列车速度低于目标速度后只给出允许缓解的表示，由司机进行缓解操作。日本新干线 ATC 当列车速度低于目标速度后自动缓解，这种方式要求列车制动系统连续多次制动后制动力不衰竭。法德高速铁路列控系统利用轨道内敷设的环线发送点式信号。TVM300 系统采用模拟环线信号共有 14 个点式信息。TVM430 系统采用 PSK(相移键控)数字环线信号。日本新干线点式信号为变频方式，信息量较少。

1.4 当前既有线列控系统设备存在的主要问题

1.4.1 闭塞设备方面

我国轨道电路传输特性差,存在邻线干扰、半边侵入和低频信息不统一等问题。由于丧失分路或邻线干扰而导致的机车信号升级等事故时有发生。同时我国站内轨道电路制式使用单一频率,只具有检查列车占用功能,不能向列车传递信息,不能实现闭环检查。

1.4.2 机车信号方面

提速后,通用机车信号虽已普及,但其安全性并没有得到明显改善,距主体机车信号车载设备标准仍有很大差距,若要实现机车信号主体化,除对地面设备进行强化改造外,车载机车信号也必须同步升级改造,使之达到故障安全和高可靠性的要求。

1.4.3 监控装置方面

机车监控装置的普及和不断升级,对加强司机的规范管理,防止“两冒一超”发挥了重要作用,但从 ATP 所要求的故障安全来看,还存在一定问题。信息源头不可靠,监控装置的安全防护功能是建立在现有机车信号的基础上的,机车信号没有达到主体化之前,只能作为辅助信号,其安全防护功能也是不可靠的。监控装置必须依靠司机人工输入大量数据和进行人工修正,若司机人工干预错了,将可能导致不安全的后果,这不符合 ATP 的基本原则。

1.5 主要工作和目的

研究工作中选取了比较代表铁路特点的胶济线娄山—平陵城间 CTCS2 级区段作为研究主要地点,针对地面设备、车载设备构成原理及存在的问题分别进行了研究。

1.5.1 地面设备存在问题的研究:

通过对车站列控中心发送应答器报文信息情况调查，确定临时限速信息能否正确发送，为达到研究目的对某条限速命令，在一天 24 小时所有车次拿出分析，达到了数据全面可靠。研究通过进路且离去区段有临时限速，是否能够根据列车制动的需要，进路或进站信号机显示黄灯，对应接近区段轨道电路显示黄码，并制定相应的对策和措施。

1.5.2 车载设备存在问题的研究：

通过对济南局 6 列 CRH2 型动车组 ATP 设备车载安全计算机、应答器信息接收模块、连续信息接收模块、人机界面、速度传感器的等设备情况的调查摸底，掌握了存在问题的主要原因，对不合理处进行适当调整，分别制定相应的对策和措施。

1.6 常用名词术语

1. CTCS 中国列车运行控制系统
2. ATP 列车超速防护
3. ETCS 欧洲列车控制系统
4. CTC 调度集中系统
5. TDCS 列车调度指挥系统
6. LKJ 列车运行监控装置
7. LEU 轨旁电子单元
8. ATC 列车自动控制系统
9. GSMR 铁路专用全球移动通信系统
10. ZPW 自动闭塞移频无绝缘轨道电路

2 CTCS2 级列控系统技术原理

2.1 CTCS 分级与级间关系与区别

CTCS 分级

列车运行控制系统包括地面设备和车载设备，根据系统配置按功能划分为 5 级。

2.1.1 CTCS0 级

CTCS 0 级为既有线的现状，由通用机车信号和运行监控记录装置构成。

2.1.2 CTCS 1 级

由主体机车信号+安全型运行监控记录装置组成。面向 160km/h 以下的区段，在既有设备基础上强化改造，达到机车信号主体化要求，增加点式设备，实现列车运行安全监控功能。

2.1.3 CTCS 2 级

CTCS 2 级是基于轨道传输信息的列车运行控制系统；CTCS 2 级面向提速干线和高速新线，采用车-地一体化设计；CTCS 2 级适用于各种限速区段，地面可不设通过信号机，机车乘务员凭车载信号行车。

2.1.4 CTCS 3 级

CTCS 3 级是基于无线传输信息并采用轨道电路等方式检查列车占用的列车运行控制系统；CTCS 3 级面向提速干线、高速新线或特殊线路，基于无线通信的固定闭塞或虚拟自动闭塞；CTCS 3 级适用于各种限速区段，地面可不设通过信号机，机车乘务员凭车载信号行车。

2.1.5 CTCS 4 级

CTCS 4 级是基于无线传输信息的列车运行控制系统；CTCS 4 级面向高速新线或特殊线路，基于无线通信传输平台，可实现虚拟闭塞或移动闭塞；CTCS 4 级由 RBC 和车载验证系统共同完成列车定位和列车完整性检查；CTCS 4 级地面不设通过信号机，机车乘务员凭车载信号行车。

2.1.6 CTCS 级间关系

符合 CTCS 规范的列车超速防护系统应能满足一套车载设备全程控制的运用要求。系统车载设备向下兼容。系统级间转换应自动完成。系统地面、车载配置如具备条件，在系统故障条件下应允许降级使用。系统级间转换应不影响列车正常运行。系统各级状态应有清晰的表示。

2.2 CTCS2 系统引进过程简介

随着我国铁路跨越式发展战略的实施，实现全国铁路的第六次大提速，将列车最高运行速度提高到 200km/h 或更高，是进一步提高铁路运输服务总体水平，满足人民群众日益增长的出行需求的重要举措。通过轨道电路完成列车占用和完整性检查，连续向列车传送控制信息，并采用大容量点式应答器向高速列车传送定位信息、进路参数、线路参数、限速和停车信息等，是 CTCS2 级确定的列车运行控制方式。在欧盟的 GSM-R/ETCS 已进入实际运作阶段，给我们提供了良好的技术借鉴。在我国既有成熟信号系统技术设备基础上（如：自动闭塞、机车信号、车站联锁、调度集中等），通过适当引进增加其它信号设备（如：应答器、列控车载设备），构成具有先进连续速度控制功能并符合国际列控系统功能需求规范（ETCS）的列控系统。为推动我国铁路运输事业的发展，从 2002 年开始，铁道部就组织有关专家开始了中国列车运行控制系统（CTCS）相关技术标准的修订工作，并先后颁布了《CTCS 2 级技术条件（暂行）》等一系列技术文件。

2.3 CTCS2 系统组成

系统总体构成

CTCS2 列控系统分车载设备和地面设备两部分，地面设备又分轨旁和室内设备两部分，其总体结构如图所示。

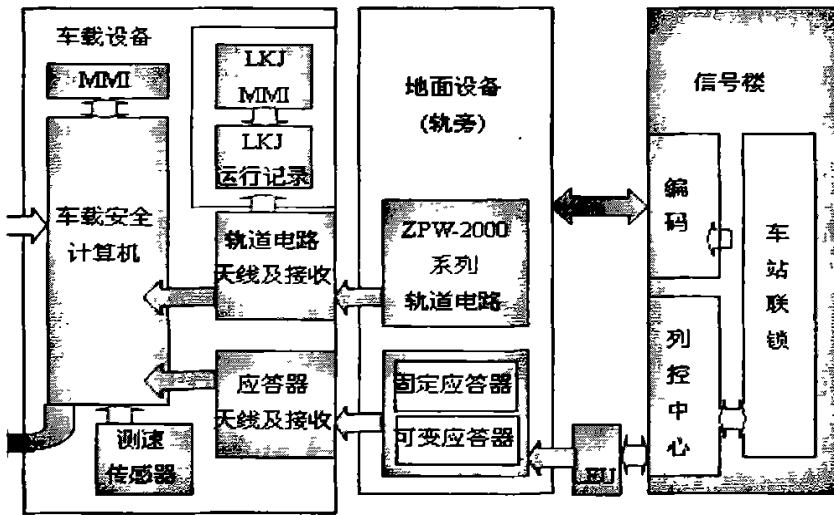


图 2.1 CTCS2 系统总体结构图

2.3.1 地面设备

列控中心的硬件设备结构要求与车站计算机联锁相同，采用联锁列控一体化结构，根据列车占用情况及进路状态，通过对轨道电路及可变应答器信息的控制产生行车许可信息，及进路相关的线路静态速度曲线，并传送给列车。

轨道电路采用 ZPW—2000 系列轨道电路，完成列车占用检测及列车完整性检查，连续向列车传送允许移动控制信息。

站内轨道电路：车站正线及股道采用与区间同制式的轨道电路。

点式应答器：采用电气特性与欧洲 ETCS 技术规范相同的大容量应答器。固定应答器设于各闭塞分区人口处，如：车站进站信号机、出站信号机及区间信号点，用于向车载设备传输定位信息、进路参数、线路参数、限速和停车信息等；可变点式应答器设于进站口，当列车通过该应答器进站停车时，应答器向列车提供地面应答器编号、至出站点的链接信息、接车进路线路参数，包括：目标距离、线路坡度、线路限速、信号机类型和轨道电路载频等信息以及接车进路区域临时限速值。

2.3.2 车载设备

车载安全计算机：采用高可靠的安全计算机平台，根据地面连续式和点式传输的移动授权及线路数据，生成连续式速度监督曲线，监控列车的安全运行，超速时，通过继电接口对列车的制动系统发出制动控制指令。

轨道电路接收模块：接收 ZPW—2000 系列轨道电路低频信息，并将该连续信息同时提供给车载安全计算机和 LKJ 运行记录器。

应答器接收模块：接收处理应答器信息，并将该信息提供给车载安全计算机。

车载人机界面通过触摸屏显示列车运行速度、允许速度、目标速度和目标距离，并可接收司机输入。

测速测距有两种形式的传感器：轴端速度传感器和雷达，前者更适合低速应用，后者则更适合高速，采用两种传感器的结合，可保证测速测距的更高精度。制动接口采用继电接口方式，紧急制动采用失电制动方式。

数据记录器用于记录与系统运行和状态有关的数据，纪录的数据将在 ATP 系统故障时用于维护目的。采用 LKJ 运行记录器，用于驾驶事件及 ATP 控制事件的记录。

2.3.3 速度防护模式

列控系统采用目标距离—速度控制模式，其采取的制动模式为连续式一次制动速度控制的方式，根据目标距离、目标速度及列车本身的性能确定列车制动曲线。如图所示。

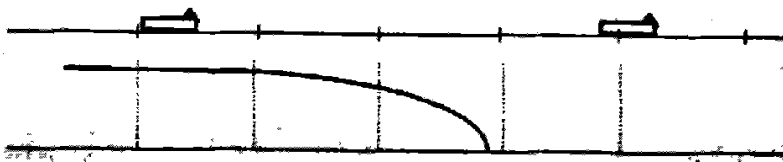


图 2.2 速度防护模式列车制动曲线图

制动速度控制曲线是一次连续的，需要一个制动距离内所有的线路参数，通过应答器进行信息传输。

目标距离是由轨道电路进行连续信息传输的，构成了移动授权凭证。

目标距离控制模式根据目标距离、目标速度及列车本身的性能确定列车制动曲线，不设定每个闭塞分区速度等级，采用一次制动方式。目标距离控制模式追

踪目标点是前行列车所占用闭塞分区的始端，而后行列车从最高速开始制动的计算点是根据目标距离、目标速度及列车本身的性能计算决定的。目标点相对固定，在同一闭塞分区内不依前行列车的走行而变化，而制动的起始点是随线路参数和列车本身性能不同而变化的。两列车空间间隔的长度是不固定的，所以称为准移动闭塞。

目标距离速度控制曲线实际上有三条，如图所示。

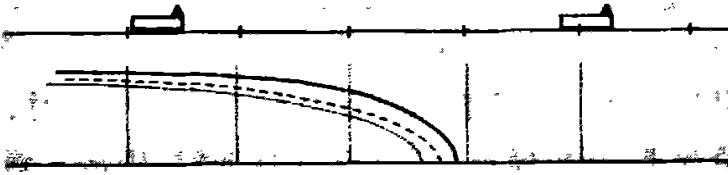


图 2.3 目标距离速度控制曲线图

图中粗实线为紧急制动速度控制线，短划虚线为常用制动速度控制线，点虚线为司机实际运行速度控制线。

目标距离—速度控制线，从最高速至零速的列车控制减速线为一条连贯和光滑的曲线，列车实际减速运行线只要在常用制动控制线以下就可以了，列车超速碰撞了常用制动速度控制线，设备报警并自动实施常用制动，如继续超速碰撞了紧急制动速度控制线，则引发紧急制动，因为速度控制是连续的，全程监控的，所以不会超速太多，紧急制动的停车点不会冒出闭塞分区，可以不需增加一个闭塞分区作为安全防护区段，当然设计时会在停车点与目标点之间留有一定的安全距离。

列控设备给出的一次连续的制动速度控制曲线是根据目标距离、线路参数和列车自身的性能计算而定的，制动速度控制曲线是一次连续的，需要一个制动距离内所有的线路参数，线路参数通过应答器进行信息传输。目标距离是由轨道电路进行连续信息传输的，构成了移动授权凭证。

目标距离—速度控制的列车制动的起始点是随线路参数和列车本身性能不同而变化的，空间间隔的长度是不固定的，比较适用于各种不同性能和速度列车的混合运行，其追踪运行间隔要比分级速度控制小，减速比较平稳，旅客的舒适度也要好些。

目标距离—速度控制线的目标点为停车点时，目标速度值为零；当目标点为进站道岔侧向时，则道岔侧向限速值即为目标速度值。如下图所示。

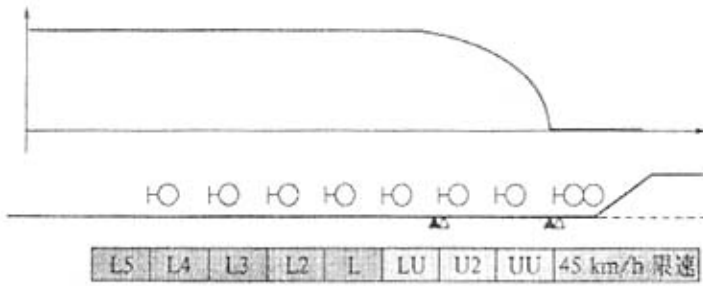


图 2.4 目标速度为道岔限速时的控制曲线图

CTCS2 列控是基于点式应答器、轨道电路传输列车运行控制信息的点连式系统。CTCS2 系统设备组成见下图。

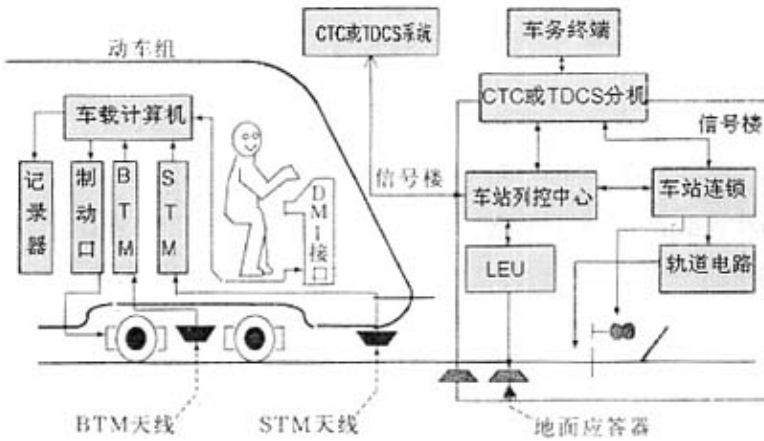


图 2.5 CTCS2 系统设备图

地面设备由车站列控中心，地面电子单元(LEU)、点式应答器、ZPW—2000(UM)系列轨道电路、车站闭环电码化、车站计算机联锁等组成。轨道电路、车站电码化传输连续列控信息，点式应答器、车站列控中心传输点式列控信息。

车载设备由车载安全计算机、轨道信息接收单元(STM)、应答器信息接收单元(BTM)、制动接口单元、记录单元、人机界面(DMI)、速度传感器、BTM 天线、STM 天线等组成。车载设备根据地面设备提供的信号动态信息、线路静态参数、临时限速信息及有关动车组数据，生成控制速度和目标距离模式曲线，控制列车运行。同时，记录单元对列控系统有关数据及操作状态信息实时动态记录。

2.4 CTCS2 车站列控中心

下图是 CTCS2 车站列控中心系统组成框图。

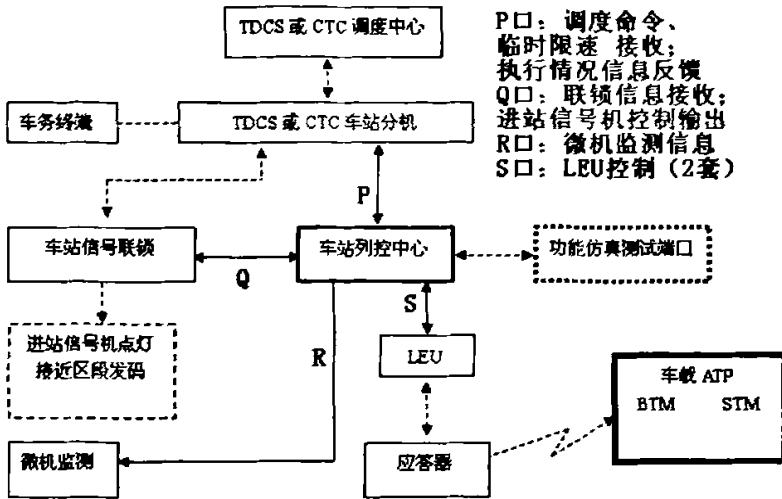


图 2.6 CTCS2 车站列控中心系统组成框图

车站列控中心分别与车站信号联锁、CTC 或 TDCS、微机监测、地面电子单元(LEU)等设备进行信息交换，获得行车命令、列车进路、列车运行状况和设备状态，通过安全逻辑运算，产生控车命令，通过有源应答器及轨道电路传送给列车，实现对运行列车的控制。

2.4.1 TDCS 或 CTC 行车指挥设备

CTCS2 级适应于装备 TDCS 或 CTC 行车指挥设备的线路。

车站列控中心与 CTC 或 TDCS 实现信息交换，按统一时钟进行系统管理和控制。可以获得调度命令，包括接发车信息、临时限速信息(起点里程、长度、速度、车次、起止时间等)、运行方向信息等，传送给车载设备。

在 CTC 或 TDCS 的车站车务终端上设有特定的列控中心人机界面，采用统一的格式，包括输入、确认、显示方式等。CTC 或 TDCS 的车站分机与车站列控中心由通信接口设备连接，且接口及通道有冗余配置。

临时限速调度命令，在调度中心以表格形式体现(包括界面、输入、回执)，通过计算机网络发往 TDCS 或 CTC 车站分机，并在车站车务终端以与调度中心基本相同的形式显示。由车站分机将临时限速传至车站列控中心，适时发往通过列车。

2.4.2 车站信号联锁设备

CTCS2 级适应于装备计算机联锁的车站：

CTCS2 由列控中心接收联锁设备提供的车站进路和相关信息，包括接车进路、发车进路、通过进路、运行方向、股道号等。在办理通过进路且离去区段有临时限速时，CTCS2 车站列控中心根据牵引计算及动车组制动需要，输出进站或进路信号机点黄灯，对应接近区段轨道电路发黄码控制条件，由联锁系统完成联锁、控制及驱动。

计算机联锁与车站列控中心采用计算机通信接口设备连接，通信接口及通道有冗余配置。

2.4.3 车站微机监测系统

车站列控中心与车站微机监测系统接口，向车站微机监测系统传送列控中心的相关监测信息，包括应答器的监测、通道监测、值班员操作过程实时记录等相关信息。

2.4.4 地面电子单元（LEU）

LEU 接收车站列控中心实际报文，并实时向有源应答器传送。LEU 应具有自检测、监测与有源应答器间通信状态等功能，应将检测数据实时传送给车站列控中心。

2.4.5 应答器

应答器依据在系统中的作用，其安装的位置不同，分别设在进站口、出站口及区间。

应答器分无源应答器和有源应答器两种，无源应答器提供前方一定距离内的线路参数等信息；有源应答器提供前方一定距离内的临时限速等信息

进站信号机处设置无源应答器和有源应答器，提供接车进路参数及临时限速信息。

车站出站口处设置无源应答器和有源应答器，提供前方一定距离内的线路参数和前方一定距离内的临时限速等信息。

区间间隔 3~5km 成对设置的应答器分别提供列车运行前方（正向或反向）一定距离内的线路参数及定位信息，车载设备可通过成对的应答器识别运行方向。

根据需要设置特殊用途的无源应答器(如 CTCS 级间转换等)。

应答器的正线线路参数交叉覆盖，实现信息冗余。

2.4.6 车站电码化

车站正线电码化，接车进路和发车进路采用不同的载频（以下行正线正方向为例，若接车进路为 1700Hz，则发车进路应为 2300Hz）；

进站信号机前方轨道电路和接车进路电码化采用不同的载频。

CTCS2 级区段，ATP 车载设备的锁频功能通过应答器信息实现，若应答器信息丢失，由机车乘务员按现行规则手动切换轨道电路载频。

2.4.7 地面列控中心

列控中心是设于各车站的列控核心安全设备，采用冗余的硬件结构。列控中心根据调度命令、进路状态、线路参数等产生进路及临时限速等相关控车信息，通过地面有源应答器及轨道电路传送给列车。

在运用于既有线 200km/h 的 CTCS2—200 型与运用于客运专线的 CTCS2—300 型列控系统种的应答器布置与列控中心技术要求会有所不同。

2.5 临时限速

2.5.1 临时限速调度命令传送

临时限速由调度中心集中管理，通过 CTC 或 TDCS 向临时限速管辖车站及邻站下达调度命令。两站一区间范围内只允许设置一处区间或站内临时限速；若遇两处及以上限速，调度中心应将其视为一处连续的限速，并按最低限速值下达调

度命令。

为提高临时限速调度命令传输的准确性，便于车站列控中心从调度命令中自动获取控制信息，临时限速调度命令在调度中心以统一的“窗口方式”输入、显示、确认及回执。临时限速设置情况在运行图终端和站场显示终端上有明确显示。

在 CTC 或 TDCS 的车站车务终端上增加了列控中心人机界面。在 CTC 或 TDCS 调度中心与车站失去联系或需对临时限速命令进行修正时，车站车务终端进行人工输入，其输入方式采用与调度中心基本相同的“窗口方式”。临时限速设置情况显示在车务终端上。

临时限速调度命令须经车站值班员签收后，方可由 CTC 或 TDCS 车站设备传至列控中心。车站值班员签收时确认限速起点里程、速度、长度、车次、执行时间等；对于 CTC 无人职守车站，按规定在车站综合维修终端进行签收。对于站内正线临时限速，系统须前方站签收后，本站方可签收；若前方站为无人职守车站，本站签收后，由 CTC 中心设备向前方站下达临时限速调度命令并直接向列控中心发送。

临时限速调度命令通过无线调度命令系统向列车发送时维持既有方式。

2.5.2 临时限速设置精度

动车组限速区起点精度 100m、限速区长度 8 档（100、300、500、800、1000、1200、1500、2000m）、限速速度 5 档（45、60、80、120、160km/h）。限速区长度超过 2000m 时，可按区间限速处理。若遇限速速度小于 45 km/h 的特殊情况，由司机按调度命令控车。

2.5.3 应答器临时限速管辖范围及关系

站内正线有临时限速时，前方站出站口应答器、本站进站口应答器分别发送相应临时限速报文。

办理正线通过且离去区段有临时限速时，进站口、出站口应答器分别发送相应临时限速报文。

CTCS 级间转换处，应答器临时限速管辖范围应向外延伸，延伸长度为线路允

许速度到 45 km/h 的制动距离。

在区间其余地点有临时限速时，出站口应答器发送相应临时限速报文，进站口应答器的报文中有限速预告信息。

同一临时限速由不同的应答器发送报文时，其报文含义具有一致性。各应答器报文的限速区速度、长度完全一致，限速区起点之间有固定的数学关系式，应答器报文的选择建立对应逻辑关系。

有源应答器的报文存储在列控中心。

2.5.4 车站临时限速控制范围

建立车站临时限速控制范围内线路里程、线路长度与临时限速区起点的对应关系，按临时限速调度命令确定所设限速区起点与对应应答器之间的距离。

车站值班员临时限速管辖范围示意图见下图

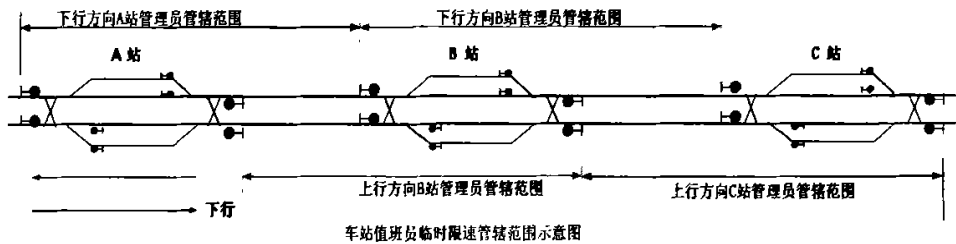


图 2.7 车站值班员临时限速管辖范围示意图

根据限速区起点与对应应答器之间的距离、限速区长度、限速区速度、进路及信号机状态等信息，选择存在列控中心中的报文。

根据临时限速调度命令中的执行时间、进路办理情况等信息，经计算确定应答器报文的发送时机，实时将所选的报文向对应的 LEU 传送；特殊情况下，由车站值班员在车务终端上确定发送时机。

进站口应答器，在进站信号机开放时控制 LEU 向应答器发送报文，直至列车完全越过进站信号机。出站口应答器，在其有效时段内连续控制 LEU 向应答器发送报文。

LEU 实时接收列控中心传送的数据报文并发送给对应有源应答器，实时更新有源应答器的数据，实现应答器对变化数据的发送。

相邻两个车站之间一个运行方向仅考虑一个临时限速区。

通过有源应答器向 ATP 车载设备提供临时限速信息，临时限速信息纳入轨道电路发码条件。临时限速区前方的地面信号显示应根据不同的临时限速等级进行相应降级显示（如 LU、U 等），并根据需要可重复显示。临时限速应答器控制范围示意图见图 4-14。

装备 CTC 系统的线路区段，临时限速可在调度中心由调度员设置，向车站列控中心传输，也可由车站值班员直接通过车站列控中心设置。

未装备 CTC 系统的线路区段，临时限速应由车站值班员通过车站列控中心设置。原则上车站值班员负责设置本站站内及本站出站口至接车站进站信号机（含反向）范围内的临时限速。

车站站内、经道岔侧向发车时车站 1 离去区段等特殊区段的临时限速应通过调度命令实施。

在通过进路建立且离去区段有临时限速时，根据制动需要，进站信号机显示黄灯，对应接近区段轨道电路发 U 码；其他区段的临时限速不纳入轨道电路发码条件。

装备 TDCS 系统的区段，临时限速可在调度中心由调度员设置，向车站列控中心传输，车站值班员需对临时限速的设置和撤销进行确认；临时限速也可由车站值班员直接通过车站列控中心设置。

为提高临时限速的设置精度，应答器信息报文采用列控中心储存或动态组帧方式。

车站正线接车进路临时限速时，可通过进站信号机外方设置相应的临时限速确保安全。

2.5.5 应答器与临时限速逻辑关系

2.5.5.1 临时限速目标距离计算参数的取值

按下列取值，根据牵引计算，确定动车组从规定速度制动到限速速度的目标距离（L_目）：

规定速度：200km/h；

制动量：制动特性最差动车组的常用制动；

制动系数：0.8；

坡度：既有线提速 200km/h 区段，包括新建客货共线 200km/h 铁路，线路设计主要

技术标准的限坡一般不大于 6‰，坡度取 6‰下坡；当大于 6‰时，取实际坡道计算；

安全余量：5%。

办理正线通过且离去区段有临时限速时，为保证进站口应答器与出站口应答器临时限速报文的一致性，必须满足： $L_{进}=L_{出}+L_{站}$ ，限速区速度及长度完全一致。正线通过时临时限速区段逻辑关系见下图

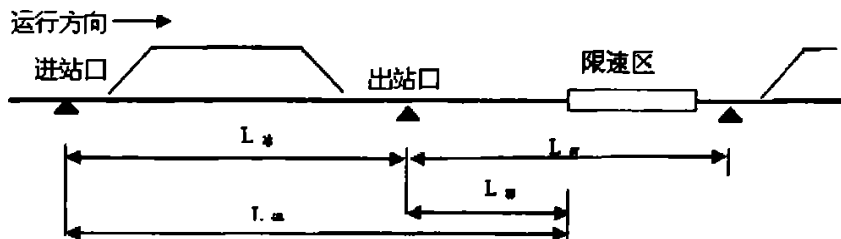


图 2.8 正线通过临时限速区段逻辑图

在 $L_{区} > L_{目}$ 条件下，离去区段临时限速逻辑关系如下：

当 $L_{出} \leq 0$ 时，按站内临时限速逻辑执行；

当 $L_{出} > 0$ 、 $L_{进} \leq L_{目}$ 时，进站口及出站口应答器同时发送临时限速报文，控制进站信号机显示黄灯；

当 $L_{出} \leq L_{目}$ 、 $L_{进} > L_{目}$ 时，进站口及出站口应答器同时发送临时限速报文，进站信号机正常显示；

当 $L_{出} > L_{目}$ 时，按区间临时限速逻辑执行，出站口应答器发送临时限速报文，进站口应答器的报文中应有预告信息。

2.5.5.3 站内正线临时限速逻辑关系

办理正线接车及通过且站内正线有临时限速时，前方站出站口应答器、本站进站口应答器配合完成临时限速设置，必须满足： $L_{前出} = L_{进} + L_{区}$ ，限速区速度及长度完全一致。站内正线临时限速逻辑关系见下图。

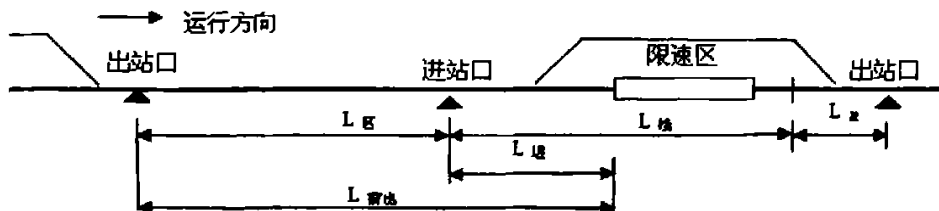


图 2.9 站内正线临时限速逻辑图

在 $L_{区} > L_{目}$ 条件下，站内正线临时限速逻辑关系如下：

当 $L_{进} \geq L_{目}$ 时，按区间临时限速逻辑执行；

当 $0 < L_{进} < L_{接}$ 时，前方出站口及本站进站口应答器同时发送临时限速报文；

当 $L_{接} \leq L_{进} < L_{接} + L_{发}$ 时，进站口应答器发送临时限速报文，进站信号机显示黄灯；

当 $L_{进} \geq L_{接} + L_{发}$ 时，按离去区段临时限速逻辑执行。

注：两站一区间范围内只允许设置一处站内或区间临时限速。反向运行时限速区起点取其终点里程。

在 $L_{区} < L_{目}$ 、甚至 $L_{站} + L_{区} < L_{目}$ 情况下，临时限速设置应再向前方应答器前移，或采取特殊措施。

3 CTCS2 级车载列控系统组成

3.1 200km/h 动车组车载列控系统的组成

200km/h 动车组车载列控系统，同时装备 ATP 车载设备和列车运行监控装置 LKJ-2000。

ATP 系统由地面和车载设备构成，ATP 的控制中心在地面。它以地面控制中心的信息作为列车运行指令的信息源，通过轨道电路和应答器设备获取前方运行区段的运行线路参数信息，以应答器等设备自动校核列车走行位置，实现对列车运行速度的安全监控和列车运行实际参数的采集、记录，车载 ATP 本身具有主体机车信号、通用式机车信号功能。

ATP 地面控制中心可与 CTC 或 TDCS 联网，实现运输指挥中心对列车的直接控制，达到了车地一体化的列车控制能力。因此，ATP 是列控系统的重要组成部分。

3.2 车载列控系统的控车模式

在 CTCS2 级区段，由 ATP 车载设备控车。

在 CTC0、CTCS1 级区段或在 CTCS2 级区段 ATP 车载设备特定故障下，LKJ 结合 ATP 车载设备提供的机车信号或主体机车信号功能，控制列车运行，最高速度不超过 160km/h。

两种控车模式的转换通过车载 ATP 设备实现。两种控车模式下，LKJ 通过 ATP 车载设备接收或记录有关列控状态数据(含进路参数、列车位置等)及其对应的操作状态信息。

正常情况下，两种控车模式通过特殊应答器在无需停车条件下自动转换。

故障情况下，两种控车模式须进行手动转换。

ATP 车载设备具备设备制动优先（机控优先）与司机制动优先（人控优先）两种模式，通过 ATP 车载设备内部设置选择其中一种模式。

3.3 CTCS 级间转换

CTCS 级间转换原则上在区间自动转换，并给司机提供相应的声光警示，由司机按压确认按钮，解除警示。自动转换失效时，司机根据 ATP 车载设备或 LKJ 的相应警示信息，手动转换。

CTCS 级间转换分别设置具有预告、执行、检查功能的固定信息应答器。原则上执行点设置在车站正向的 1 离去或 2 离去信号点。预告点和检查点随运行方向改变功能。各应答器内同时提供前方一定距离内的线路数据，且各应答器位置信息提供给列车运行监控记录装置。

级间转换的预告点与执行点设置间距约为 240m。动车组越过预告点，ATP 车载设备进行语音及图形提示，越过执行点且自动实现级间转换后，机车乘务员应根据提示信息按压确认按钮。

级间转换应答器可与区间应答器合用。

在级间转换时，应保证控车权可靠平稳交接。控车权的交接以 ATP 车载设备为主。

级间转换时若已触发制动，则应保持制动作用完成，停车或发出缓解指令后，由手动或自动转换。

为保证 ATP 与 LKJ 的正常转换，级间转换点前后的适当距离（动车组自 160km/h 到 0km/h 所需的制动距离）均采用 ZPW2000 系列轨道电路。

4 ATP系统的组成结构

4.1 ATP装置

4.1.1 安全计算机 VC

VC 由功能完全相同的 2 个系统（第 1 系统、第 2 系统）构成。各个系统有功能相同的 2 个 CPU(A 系统、B 系统)，各个 CPU 的处理结果与另一 CPU 的处理结果校准。如果 A 系统、B 系统这 2 个 CPU 的处理结果不一致，则会作为故障处理。

故障安全 CPU 板是控制部的核心部分，ATP 速度核对运算和制动指令功能集中到 1 块印刷线路板上。该故障安全 CPU 板装有双重系统 CPU 和计算环运算方式故障安全 LSI。故障安全 LSI 输出核对两个 CPU 的运算结果（制动指令条件等），如果校验不一致就立即进行故障检测，确保最后故障安全性。故障安全 LSI 概要如图所示。

在故障安全 LSI 上，比较 CPU 生成的允许速度与实际速度并生成制动指令。双重系统制动指令在故障安全 LSI 内的校对逻辑上进行核对，成为最终制动指令。

故障安全 LSI 输出在系统正常（无故障状态）且不发出制动指令时为激励，发出制动指令或在故障检测视为非激励。通过放大该激励输出，激磁继电器使继电器经常加压。向车体传输 ATP 制动指令的是 a 接点（加压闭合接点），制动装置做失电制动，因此制动指令或故障检测时制动装置可发生制动。

万一发生故障时，以能够保证检测出故障，具备自动输出制动的故障安全结构的装置为基础，并行接续两台完全具有互换性装置。不过，在接收控制部本身检测出故障时，将自我隔离指令系统。如此，作为系统制动指令只能依据剩余正常系统判断。其结果可构筑兼有安全性和可靠性的系统。

本 ATP 装置虽为双重系统，但其各系统完全处于平等关系。与备用方式不同 1 系统出故障时，不存在起动时间等问题，无停顿时间对运行毫无影响。另外，两系统间无主次关系，该形式双重系统不会发生被普遍关心的与转换相关的不适合

情况，是可作稳定运行的。

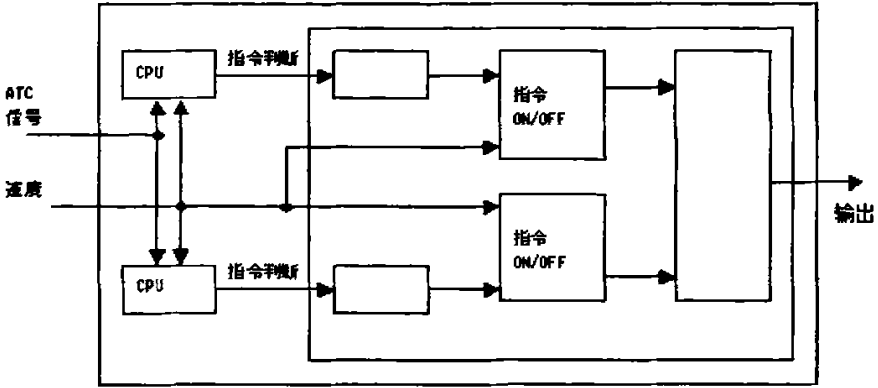


图 4.1 安全计算机系统结构框图

4.1.2 BTM

通过 BTM 天线，接收、解调符合 ETCS 标准的地面设备的应答器的信息，并在校核后、将正确的信息传输给 VC 的模块。

采用 ETCS 标准时，含有 830 位的用户信息、标题和校验码，共有 1023 位信息，通过车上的 BTM 天线接收。接收后，BTM 进行框架确定，错误核对等，并将正确的信息传输给 VC。另外作为应答器组，从应答器连续发来信息的情况下，能够暂时保留其内容。

另外，为了从应答器得到报文，还具有从车上向地上的应答器发送电力的功能。

4.1.3 STM

通过 STM 天线接收到轨道上的电气信号后，确定载波之后将解调低频信息，并判断信号码。

该 STM 具有同时接收多个载频的功能。而且会选择出电平最高的载频并将该载频中调制的低频（VLF）信号解调，判断信号码。STM 将接收的载频的种类、解调后的低频信息发送给 VC，并且 STM 能够利用司机的驾驶方向选择 SW 以及来自应答器的线路数据锁定载频。

4.1.4 DRU

记录 ATP 车上装置的动作、状态的单元。作为记录媒体，采用了 PC 卡，将该 PC 卡取出，即可利用一般的电脑来读出该 PC 卡上的记录内容。

4.1.5 RLU 继电器逻辑单元

由继电器组成的单元，将来自外部的输入分配给各个系统，并可进行逻辑输出，将来自 2 个系统的输出集中。主要使用了一些可以焊接在印刷板上的小型继电器。

4.1.6 ATPCOS 隔离开关

有 2 个位置的凸轮式开关，2 个位置是“正常”和“隔离”，有独立的 14 个接点。通常固定在“正常”位置，要将其搬到“隔离”位置时旋转。

4.2 外围设备

4.2.1 DMI

安装在驾驶台上，作用是通过声音和图像将 ATP 车上装置的状态通知司机。DMI 的中心配置为液晶 LCD，其周围配置了扬声器和各种按键。司机可以通过操作这些按键来切换 ATP 装置的模式以及输入信息。

4.2.2 STM 天线

从头车的第一轴起，在左右轨道的正上方各设一台。利用电磁感应接收流经钢轨的信号电流。两个天线所接收到的信号在连接箱处连接，传送到设置在 ATP 主机柜的 STM，STM 对该信号进行选择和解调。

4.2.3 BTM 天线

在头车的第一转向架的后方，车体的左右的中心线上设置一台。在特定的场所，有应答器放置在轨道的中心，车辆通过该场所时，车辆内设置的本 BTM 天线通过地上的应答器的正上方后，BTM 天线就会接收到地上的应答器所发出的高频无线电信号，并通过专用的电缆将该信号传递给设置在 ATP 本体上的 BTM。

4.2.4 速度传感器

设置在头车的第 2 轴和第 3 轴上、将各轴的转速转变成电信号加以输出的装置。速度发电机的磁极是与齿轮相对的齿，与直接装在各轴上的检出用齿轮之间有微小的空隙，齿轮的齿通过磁极时，会因磁束的变化而感应出电压。该电压的频率与齿轮的转速同步，该电压会传递到设置在 ATP 本体上的 VC。VC 通过对该频率的计数来了解速度和距离。

4.3 相关设备

4.3.1 EMU

ATP 主机柜设置在驾驶室后方的机械室内。另外，DMI 设置在驾驶台上，STM 天线、BTM 天线、速度发电机设置在车体下方。ATP 的制动由 ATP 装置中的继电器逻辑单元输出，并连接到车体方的设备——综合配电盘上，再通过该装置与制动装置连接。

4.3.2 LKJ2000

LKJ2000 和 ATP 之间有 2 种连接。一种是前面所说的通信方式的连接，另一种是与制动的输出相关的连接。在形态上，来自 LKJ2000 的制动输出会暂时通过 ATP 装置输出。因此，各个隔离开关的条件相互有着关联。为了提高各个隔离开关相互的独立性，该 LKJ2000 的制动输出的回路采用了设计联络会上决定的形式。

LKJ 和 ATP 的接口中除通信以外，还包含制动输出及其释放的逻辑。

5 ATP 工作模式与转换

5.1 ATP 设备的工作模式

5.1.1 待机模式 SB

如果预先选择了 CTCS2，投入电源后，系统就直接转入本模式。在本模式下，ATP 车载装置的接收轨道电路信息、接收应答器信息等功能有效，但不进行速度比较等控制，同时无条件输出制动。

转入到本模式的条件如下：

(1) 在车体 MCR 已励磁，ATP 装置电源投入后（但投入电源时的初期设定为 CTCS2 时）

(2) 在调车模式（SH）时按压调车键时。

(3) 在隔离模式下把隔离开关从“隔离”转换到“平常”时。

(4) 调车模式（SH）时，如果从应答器接收到 ETCS-132 数据包其数据包含有 Q_ASPECT 的值为 0 时，虽然输出紧急制动，但是列车停车后「停车检测中」时，通过进行缓解该开关时操作缓解 SW 后，车载设备转入原来的 SB 模式。

在待机模式下 ATP 装置无条件输出着常用制动，电源投入时的约 10 秒钟输出紧急制动。

5.1.2 完全监控模式 FS（FS: Full supervision）

本模式是 CTCS2 中最普通的模式。一般情况下，ATP 车载装置工作在本模式下，列车判断本身位置和应该停车位置后，产生目的制动速度模式，ATP 可以安全控制列车速度。ATP 考虑列车静态限速停车位置或临时限速等条件，保证列车速度满足这些条件，ATP 在自动输出制动的同时，对司机提示有关的各种信息。

如果 ATP 车载装置具有列车控制所需的基本数据：本列车位置、来自轨道电路显示信息、来自应答器的线路信息、车上列车参数等，ATP 车载装置就可生成

目的制动速度曲线。通过 DMI 显示列车实际速度、限速、目标速度和目标距离等信息，同时连续监控列车速度，与速度模式比较，自动输出紧急制动或常用制动。

一般位置确定后，自动地从部分监控模式转入本模式。

对速度的监控功能如下：

(1) ATP 车载装置经常识别自我位置，根据轨道电路的显示信息，判断本列车应在某点前停车。轨道电路传来的显示，表示第几个前方闭塞为停车闭塞。下表列出具体内容。一般一个闭塞由一个轨道电路构成，但一个闭塞包括两个以上轨道电路的情况也存在。由应答器信息传递的无信号机的轨道电路，有必要和下一个轨道电路解释为一个闭塞。

(2) 当给出应该停车闭塞（轨道电路）时产生紧急制动用速度模式曲线和常用自动用速度模式曲线。对紧急制动产生 L1m 前为起点的模式，另外对常用制动产生 L2m 前为起点的模式。

模式的形状考虑了该区段包含的坡度的影响。另外，对最大速度常用制动模式采用 205km/h，紧急制动模式采用 210km/h。如果应答器给出静态限速时，采用较低速度模式控制制动。

E2 系列车辆中常用制动有 7 档可指令。常用最大制动为第 7 档（B7N），中制动为 4 档（B4N），弱制动指令为 1 档（B1N）。紧急制动（EB）只有 1 档。

在实际情况下，如果常用制动处于正常状态，下达 B7N 指令就速度急减，以便沿着常用制动模式减速，不会下达紧急制动指令。（图 5-6）

输出了 B7N，如果速度在潜入常用制动模式下时下达 B4N 指令，结果列车自动沿着常用制动模式减速。

根据车体逻辑电路下达 B1N 指令阶段中，牵引指令强制被切断

一旦触动紧急制动，该指令就保持下去，直到列车停车。在停车后需要操作缓解开关，解除保持状态，

(3) 防止溜逸控制

列车停车 5 秒钟后，ATP 车载装置自动输出 B4N。若要解除该 B4N，需要搬动牵引手柄从“关”位置至“B1N”以上位置。

5.1.3 部分监控模式 PS (PS: partial supervision)

股道出发、得不到应答器线路数据、缺省线路数据时的模式。

在“既有线 200km/h 动车组列控系统车载和地面设备配置及运用技术原则（暂行）”上，由于在站间没能正常检测出应答器等理由，无更远线路数据时，以及在引导到达中进站都定义成部分监控模式。

然而，由于这 3 种情况在控制、操作上相差不少，故把股道出发称部分监控，其他 2 种分别采用另外名称。即，在站间由于不能正常检测出应答器等理由无前方线路数据的称应答器故障模式(BF)；引导运行称引导模式(CO)，分别作定义。

(1) 在待机模式下，司机一按下启动开关就转入本模式。

(2) 在完全监控模式中，接收出站信号机前方轨道电路码为 UU 或 UUS 时转入本模式。

在正常运行状态下以本模式开始运行后，通过应答器确定位置，就自动转入完全监控模式。其细节见模式转入表所列。

股道出发时，由 FS 模式转为 PS 模式，通过车站出站口的应答器再次转为 FS 模式。如果从 PS 模式转为 FS 模式的话，考虑到股道出发，在走行列车长（450m）部分之前限速在 PS 模式，列车长部分（450m）走行后则为原来的 FS 模式限速。

5.1.4 反向运行模式 R0 (R0: Reverse Operation)

上行列车运行在下行线，或下行列车运行在上行线时，ATP 的工作模式。出站时在出站口接收有源应答器通知反向运行的信息包，列车到达该信息包显示的位置时，ATP 就可进入此模式。反向运行中在站间几乎所有轨道电路上，只有 27.9Hz 的 VLF。但进入下一站进站口前方 2 个轨道电路时就能收到一般码。在该轨道电路上收到的码，如果不是意味着停车的 HU 等，列车就可以进入站内。在站间，可从区间应答器得到对应列车运行方向的静态限速、轨道电路长度和坡度等线路数据。如果不能接收 27.9Hz 并且无法接收正常信号时，ATP 车上装置输出常用制动停车。

5.1.5 引导模式 CO (CO: Calling-On Mode)

车站信号设备等故障以及不能接收应答器线路数据时本模式是极为有效的。车

站设备发生故障时，地面信号设备对轨道电路传输 HB 码。车载 ATP 装置接收此 HB 码转入本模式时生成一定的核对速度曲线，只有超过此速度时才触发制动。另外，每经过 60 秒或走行 200m 司机按压预警 SW 进行确认。不按压预警 SW 时，核对速度曲线为 0km/h。此外操作完全需要司机自己负责。

转入本模式条件如下：

接收轨道电路 HB 码时，在 FS 模式等其它模式时，NBP 为 25km/h。其后，HB 码变化为无信号。NBP 超过 25km/h 的位置时，轨道电路信息变为没有信号这两个条件都得到满足后，立即转入本模式。但 IS，SB，SH，OS 等模式时接收 HB 后，即使变为无信号也会将此忽略。

从该模式转入其他模式时，接收无信号以外码时自动转入 PS 模式。另外，通过司机操作就可转入 SH，IS，OS 模式。

5.1.6 应答器故障模式 BF (BF: BTM or Balise Fault)

如果得不到来自应答器的线路数据，即使接收到轨道电路的正确信息，ATP 也不会生成正规的 DTG (Distance To Go)核对速度曲线。当 ATP 在 FS 模式下正常运行时，一旦不能正确接收来自应答器的线路数据，从没有前方线路数据的点开始，ATP 车载装置使用的工作模式。

在这种模式下，ATP 车载设备虽然不能正确认识自己位置，但能识别轨道电路信号的变化，所以能有相对的距离概念。因为是活用这个相对位置进行控制，所以控制曲线为部分的曲线形状。

转入本模式条件如下：

在 FS 模式运转中，如果停止闭塞还有比车载保持的闭塞列更远的地方时，列车速度会自动地控制到 125km/h 以下从 FS 模式自动转换到 BF 模式。

如果到达闭塞不足区域后速度超过 125km/h 时，通过常用制动可以将速度控制到 125km/h 以下，见图 5-41。

5.1.7 目视行车模式 OS

来自轨道电路的编码为符合下列转换条件时，按压目视 SW (目视 SW)，进入 OS 模式。在 OS 模式中生成 NBP 25km/h 的核对速度曲线。

经过 60 秒后，或者行走 200 米之前，如果不按下警惕 SW，ATP 将输出紧急

制动使列车停车。

接收到 HU 或者 H 以外的有信号码，该模式自动地结束。

下面表示转移到本模式的条件，除了 SB 模式、IS 模式、SH 模式，以下条件全部成立时，进入 OS 模式。

(1) 从轨道电路来的信息码已停止，也就是 HU、H、无信号、25.7Hz、27.9Hz 中任意一个。

(2) 在停车中。

(3) 司机为了开始目视运行按下目视 SW。

要从该模式转移到另外模式，从轨道电路接收到的码既不是 HU、H，HB 又不是无信号的情况。这时，如果已经确定了位置可转移到 FS 模式，如果没有确定位置，转移到 PS 模式。

5.1.8 调车模式 SH (SH: shunting)

在站内等地方进行调车时，通过按下司机调车键后，ATP 车载装置不管有无轨道电路信息，NBP 都会生成 45km/h 恒定核对的速度曲线，列车速度一超过该限制速度，ATP 就自动输出制动。另外，从车站进站口的应答器接收「调车危险」ETCS-132 信息时，由 ATP 车载装置输出制动停车。ATP 不输出除此之外的制动，所以停止位置完全靠司机的责任来完成。并且，SH 模式时允许列车向后。(除 IS、SH 模式以外外部允许列车向后)

转入本模式的条件如下：

除 IS、CS 模式以外，列车在停车状态时、司机按下调车键，便进入 SH 模式。要从该模式转换到其他模式的话，列车在停车状态时，司机通过按下调车键，就会转移到 SB 模式。

5.2 机车信号模式 CS (CS: CAB SIGNAL)

运行在 CTCS2 以外区段的模式。另外，虽然运行在 CTCS2 区段，但 ATP 车载装置故障时，用 LKJ 进行控制的情况也存在，在这种情况下采用本模式，ATP 车载装置不会输出制动。

ATP 车载装置不输出制动，安全全靠其他装置，或者是靠司机来确保。ATP 车载设备在这个模式下，STM 或者 BTM 的接收信息功能、位置识别功能等起作用，所以具备向 CTCS2 区间移动的准备动作。

5.2.1 前提条件

下面列出向本模式转移的条件。任何一个条件都可以转移。

从应答器接收 CTCS2 转移到 0 的切换信息，满足这个条件时。

在 CTCS2 区间，司机按下手动切换 SW (SW20)，强制选择 CTCS0/1 模式的时候。(司机判断 ATP 车载设备故障，应该使用 LKJ 来控制时)。

ATP 车载设备的初期设定为 CTCS0，这时投入电源时。

要从 CS 模式退出，有以下几种方法。

从应答器接收到 CTCS0 切换到 2 的信息，满足这个条件的时候。这时转移到 FS 模式 (FS 的条件不满足时，转到 PS 模式)。

司机按下手动切换 SW (SW02)，强制选择 CTCS2 模式时。这时转移到 FS 模式 (FS 的条件不满足时，转到 PS 模式)。

5.2.2 对速度的监控 (控制曲线及 ATP 和司机动作逻辑)

ATP 车载设备不输出任何制动。但是位置识别或者生成控制曲线等功能还是起作用，在 CTCS0/1 级区段不输出制动。

5.3 模式之间的转换

	A	B	C	D	E
	电源关断	CTCS2			CTCS0
1	电源关断	给 MCR 加压时, 初始设定为 CTCS2 的时候	-	-	给 MCR 加压时, 初始设定为 CTCS0 的时候
2	CTCS2	SB	FS	PS、RO、CO、BF、OS、SH、IS	CS
3		FS			
4		PS			
		RO CO BF OS SH IS			
	未给 MCR 加压	根据 CTCS2 之间的过渡表(上一页)			通过了从应答器接收到的转换点(→ CTCS0), 或者, 驾驶员操作 SW20
5	未给 MCR 加压	通过了从应答器接收到的转换点(→ CTCS2), 或者, 驾驶员操作 CTCS2 键	通过了从应答器接收到的转换点(→ CTCS2), 或者, 驾驶员操作 CTCS2 键 (但是, FS, PS 条件成立的时候)	-	

注解：停止信号是指 HU、H、无信号，前进信号是指除 HU、H、无信号、HB 以外的显示。

6 ATP 的主要功能

6.1 安全防护功能

按照有关的规范和技术条件，对 ATP 的基本功能要求如下：

- (1)在不干扰机车乘务员正常驾驶的前提下有效地保证列车运行安全
- (2)在任何情况下防止列车无行车许可运行
- (3)防止列车超速运行，包括
 - (a)防止列车超过进路允许速度
 - (b)防止列车超过线路结构规定的速度
 - (c)防止列车超过机车车辆构造速度
 - (d)防止列车超过临时限速
 - (e)防止列车超过铁路有关运行设备的限速
 - (f)防止机车超过规定速度进行调车作业
 - (g)防止列车超过规定速度引导进站
- (4)防止列车溜逸
- (5)应具有车尾限速保持功能
- (6)规定范围内的车轮打滑和空转不得影响车载设备正常工作
- (7)人机界面的基本功能是为机车乘务员提供的必须的显示、数据输入及操作，并：
 - (a)能够以字符、数字及图形等方式显示列车运行速度、允许速度、目标速度和目标距离
 - (b)能够实时给出列车超速、制动、允许缓解等表示以及设备故障状态的报警
 - (c)机车乘务员输入装置应配置必要的开关、按钮和有关数据输入装置
 - (d)具有标准的列车数据输入界面
- (8)检测和记录功能，包括
 - (a)具有开机自检和动态检查功能

(b)具有关键数据和关键动作的记录功能及监测接口

6. 2 ATP 分类功能

6.2.1 车上输入接口管理

(1) ATP 车载设备接收司机的各种操作开关状态。其内容有牵引位置、制动位置、前进位置、后退位置、零位(制动·牵引手柄)位置。

(2) 司机的其它操作通过 DMI 输入。

6.2.2 地面信息管理

(1) STM 接收输入: 车载设备通过在头车第一轴前方, 放在两条轨道正上方的天线(两个一套)查出轨道电路上的电流, 解调信号, 获得安全运行所需的重要信息。

(2) BTM 接收输入: 车载设备通过设置在地面的应答器正上方时, 在极短的时间内接收应答器所保存的数据, 主要可获知列车将要行驶的路线的信息。

6.2.3 列车测速与定位

列车速度通过安装在车轴端的测速表用发电机检测。ATP 设备把该测速表用发电机的信号作为频率而识别, 考虑车轮直径差而计算速度并计算行驶距离。

6.2.4 列车安全监控

ATP 车载设备通过按故障导向安全原理动作的计算机(VC)用来作控制标准的速度模式及速度比较。由双重系统来构成, 各个系统由两个 CPU 组成。在两个 CPU 不一致的情况下, 系统输出制动。即使单独系统出现故障, 整个系统仍可正常动作, 采用了冗余结构。

6.2.5 输出接口管理

ATP 车载设备作为在 VC 上计算比较的结果,输出制动命令。该输出命令通过继电器传输到车体,经车体的逻辑分析产生各车辆的制动动作。制动主要使用常用,非常制动两种。

6.2.6 故障诊断与状态记录

ATP 车载设备进行自我诊断,检测异常。另外,故障内容被记录在存储器内。另外有关 ATP 的各种信息状态也被记录。

记录部记录整个 ATP 装置的动作及运行状态。记录媒体采用 PCMCIA TYPEII flashATA 卡,按要求向监控装置传输记录结果。另外,在记录部 PC 卡上也进行记录,拨出 PC 卡后,可通过记录读取装置读取数据并再现装置过去的动作。

7 故障状态下的运行与处理

7.1 轨道电路信息缺失时的处理

7.1.1 区间运行时

轨道电路发生故障,变为无信号时,由HU转换为无码时,通过紧急制动,由其他码转换为无码时通过常用制动停止。驾驶员与调度员取得联系,转换为目视模式。在调度员允许的条件下,列车以20km/h以下的速度运行至车站。如果列车运行至轨道电路无故障的部分,接收到信号的话,则自动地过渡到FS模式。

7.1.2 车站正线接车时

车站正线接车时,与区间一样,如果地面轨道电路信息缺失时,由HU转换为无码时,通过紧急制动,由其他码转换为无码时通过常用制动停止。随后,按照目视模式(OS)运行。运行至车站入口处时,由驾驶员负责实施停车,并再次同调度员取得联系,得到调度员的许可后方可进入车站。在指定位置停车等动作都必须有调度员的许可,驾驶员的责任是确保安全行车。

在车站内发生故障时,在车站入口发出HB,有时据此以引导模式进入车站。

7.1.3 车站正线发车时

车站发车时是在得到调度员许可后,驾驶员将模式切换为OS模式。然后还是在得到调度员许可后,从车站发车。发车后,如果从轨道电路接收到码的话,自动地切换为FS模式,即可完成正常速度下的行车。

7.1.4 车站正线通过时

与 7.1.1 相同。

7.1.5 车站股道接车时

这时是股道的轨道电路故障，考虑无信号的情况。

股道接车时，进站信号机之后的区间本来就是无信号的。若在进入 UU 或 UUS 股道以前接收到信号，车载 ATP 设备在无信号区间也能生成 NBP 50km/h 至 85km/h 之间的某一速度曲线。但是，若站台停车轨的轨道电路(与有发车信号机的轨道电路一样)无信号时，由于无法进行区分，在进入无信号区间时，同时输出一速度曲线，该速度曲线的 LMA 为靠近出发信号机的前一点。从而，防止列车超速驶过。

7.1.6 车站股道发车时

股道发车时，出站信号机轨道电路故障，无信号时，车载 ATP 设备输出紧急制动，列车不能出发。(FS 模式或 PS 模式时)。驾驶员与调度员取得联系，在调度员许可的条件下，驾驶员将模式切换为 OS 模式。然后还是在调度员许可的前提下，从车站出发。发车后，若能受到报文信号，则自动地转为 FS 模式，在正常速度下运行。

如果，出发信号机站台轨道电路正常，从股道进入正线的轨道电路为无信号。这时，PS 模式具有在 UU 或 UUS 后的无信号区间保持 NBP 50km/h 或 85km/h 速度曲线的功能。这时，如果出发信号机前方的轨道电路故障变为无信号时，也具有减速曲线保持功能。但是，当通过车站出口处的应答器时，位置将被确定，车载 ATP 设备转为 FS 模式。FS 模式时，如果无信号，车载 ATP 设备即输出常用制动，防止列车按照原来的速度继续前行。若要从该状态出来继续正常运行，同 9.1.1 处理一样。

7.1.7 反向运行时

反向运行本来是以轨道电路报文信号为无报文信号为前提的。不显示正常信号。但是，在快到达下一个车站的直线上的两个轨道电路有正常显示。在到达这两个轨道电路时，RO 模式切换为 FS 模式。如果，这两个轨道电路故障，无信号

的话，在转为 FS 模式之后，马上输出常用制动。

7.2 应答器信息缺失时的处理

7.2.1 无源应答器信息丢失

7.2.1.1 一个无源应答器丢失

首先，当一处无源应答器信息丢失时，由于线路信息采用冗余覆盖，车载设备仍拥有完整的线路数据，可正常运行。无源应答器信息漏测时，由应答器链接的信息发出警报的同时记录到记录装置。

7.2.1.2 连续两个无源应答器丢失

遇到连续消失应答器的情况，会转为从某地点开始，前面的线路信息不存在于车载装置的状态。这种情况下，LMA 处于车载装置所具有的路线数据中的最远场所，列车会按照核对速度图形停在该地点之前，所以在安全上不会出现问题。然后，通过司机的操作，切换为 BF 模式，就能够继续行驶。

7.2.1.3 级间转换预告应答器丢失

通常在级切换的场所会放置多个应答器，所以即使万一无法检知出其中一个应答器的信息，也能够进行正常的切换。

另外，有一种很少见的情况，即无法检知所有与级切换有关的应答器的信息，这时，可以认为就会无法进行级切换而直接进入不同的区间。

但是，从 CTCS2 到 CTCS0 的情况下，能够利用 ATP 行驶，这只限于敷设了 ZPW2000 的区间，在该区间的远端，核对速度图形会转为 0km/h，所以会导致停车。

因此在安全上不会有问题。停车后，司机用手动按下切换按钮，这样就能够

进行级间切换。

另外，对于从 CTCS0 到 CTCS2，这要根据 LKJ 的规格，但只要由 LKJ 进行了同样的控制，在安全上就没有问题。

7.2.2 进站有源应答器信息丢失

对正线接车进路或通过进路来说，信号接收不是在车站的入口处，而是在通过这以前的区间无源应答器时接收线路信息。从而，车站入口处的有源应答器的信息消失时，对列车控制没有影响。只是，没有了临时限速信息(CTCS-2)，之后的正常速度运行变得不可能。即，无法完成 NBP 为 50km/h 以上的运行。但是，从车站出口处的有源应答器接收到临时限速信息(CTCS-2)的话，可再次进入正常运行。另外，该应答器组的信息是要被舍弃的，因此在此无法接收到此后的线路数据。但是，关于线路信息，从此前通过的应答器接收到了，因此不会立即对运行产生障碍。

另外，股道接车时，从有源应答器应能接收到股道方向的线路数据。若接收不到该信息，则用于列车自身运行的线路数据无法得知。但是，LEU 故障时，应答器给出将最坏(短)的线路数据，只要能接收到该信息，车载设备即可保证安全运行。另外，应答器自身故障，未能从应答器组内的任一应答器得到信息时，即使无源应答器给出正常数据，该应答器组的信息也将被扔掉。这时，车载 ATP 设备根据正线的线路数据进行控制。股道方向为无信号，根据 FS 的定义，将输出常用制动而停车。之后司机得到调度室的许可后，转换为 OS 模式，由司机负责列车的移动。

7.2.3 出站有源应答器信息丢失

出站有源应答器主要用于发送至下一车站前的整个区间的临时限速信息。这些信息丢失后，将导致列车无法获知区间是否有临时限速，安全无法保障。

从而，车载 ATP 设备生成 NBP 为 50km，超过该速度时自动输出制动。驾驶员以低于 NBP 为 50km/h 的速度将车运行至下一车站。

另外，该应答器组的信息将被扔掉，从该应答器组也无法获知其他的线路信

息。但是，因为已从前一个通过的应答器接收到了该信息，因此不会马上给运行带来阻碍。

7.3 车载设备故障时的处理

7.3.1 BTM 故障

在 BTM 故障的时候，由于车载设备（VC）和 BTM 之间的通信异常，车载设备（VC）也为故障状态，在双系（VC1,VC2）都发生故障的时间点，车载设备（VC）输出紧急制动。所以，如果继续走行的话，通过司机操作，将 ATP 设备转换为隔离模式。遵照司机的指令来运行。

7.3.2 STM 故障

应在已有的行车许可范围内适当位置触发常用或者紧急制动，确保列车在行车许可范围的末端前停车，由司机操作将 ATP 设备转入隔离模式，由司机根据调度命令行车。

7.3.3 DMI 故障

出现 DMI 故障时，就无法通过 ATP 装置进行运行。因此，在取得指挥者的许可后，应该转为隔离模式。

7.3.4 测速故障

万一，速度发电机的线组断线，会自动地制动。因为各自都有多个线组，所以一个线组断线的情况下，2 各系统之中会脱离一个有故障的系统使运行能够继续。若，两个系统都出现故障，就会一直保留制动状态。司机要取得指挥者的许可，将 ATP 开放 SW 切换到开放侧，并将列车移动到最近的车站。

7.3.5 ATP 整机故障

ATP 整机故障后，转为隔离模式。

7.4 故障显示

车载 ATP 装置发生故障时，由 ATP 向 DMI 发送故障信息，对 DMI 发送文本信息。对 DMI 发送故障文本信息下表所示。

表 7.1 DMI 发送故障文本信息

文本信息编号	内容	输出时机	备注
TEXT12	VC1 故障、或者 VC2 故障	VC1 故障、或者 VC2 故障的时候	
TEXT14	STM1 故障、或者 STM2 故障	STM1 故障、或者 STM2 故障的时候	
TEXT16	B T M故障	B T M发生故障时	

有关故障信息详情参照 DMI 功能规格书中的文本显示信息。

7.4.1 DMI 故障安全处理

DMI 作为 ATP 设备与司机交互的界面，很多控制信息都是通过 DMI 告知司机。由于 DMI 只有一套显示设备，对于来自 ATP 两系的信息，尤其是故障信息的处理方式是不同的，当 DMI 通过检验判断出按键粘连或失效后，为了尽量减少对设备正常工作带来干扰，只显示故障提示文本“显示器故障”。

7.4.2 通信故障的处理

7.4.2.1 一路通信中断

当 DMI 判断出与 ATP 主机 VC 的某一系通信故障后，如果发生故障的是主系，则应当在文本显示区显示“与安全计算机 # 系通信故障”（# 代表系别，由 DMI 根据通信地址判断）并切换至备用系，保持正常显示。

如果发生故障的是备用系，则只在文本显示区显示相应的故障提示。

7.4.2.2 两路通信故障

如果 DMI 在通信过程中判断出与 ATP 的两路通信完全中断，为防止对司机产生误导，则应当黑屏并在屏幕中央显示“双系通信故障”。

如果在后续的过程中与 ATP 恢复通信则切换到正常的显示界面。

7.4.3 ATP 上报故障时的处理

7.4.3.1 VC 故障

如果在通信的过程中，DMI 接收到“VC 故障”的信息后，根据通信地址判断出是某一系 VC 后，应当在文本显示区显示相应的提示文本：“安全计算机 # 系故障”（# 代表系列，由 DMI 根据通信地址判断）。

如果上报故障的是主系，则 DMI 除了显示相应的文本信息外，还应当切换到备用系。

如果过上报故障的只是备用系，则 DMI 只在文本区给出相应的提示。

如果两路 VC 均上报故障，则 DMI 应当黑屏，并在屏幕中央显示文本“安全计算机双系故障”。

7.4.3.2 STM 故障

如果在通信的过程中，DMI 接收到“STM 故障”的信息后，根据通信地址判断出是某一系 STM 后，应当在文本显示区显示相应的提示文本：“STM # 系故障”（# 代表系列，由 DMI 根据通信地址判断）。

如果上报故障的是主系，则 DMI 除了显示相应的文本外，还应当切换到备用系。

如果过上报故障的只是备用系，则 DMI 只在文本提示区给出相应的提示。

如果两路 VC 均上报 STM 故障，则 DMI 应当黑屏，并在屏幕中央显示文本

“STM 双系故障”。

7.4.3.3 BTM 故障

如果在通信的过程中，DMI 接收到“BTM 故障”的信息后，如果上报故障的是主系，则应当切换到备用系。

如果两路 VC 均上报 BTM 故障，则 DMI 应当黑屏，并在屏幕中央显示文本“BTM 故障”。

7.4.3.4 其它故障

由于对于 ATP 上报的其它故障 DMI 并不能判断是否影响 ATP 的正常操作，只能给司机相应的提示，因此在获得故障代码后只在文本显示区显示相应的故障提示。

7.4.4 交叉故障时的处理

所谓的交叉故障是指 ATP 两系的故障源不一致。在此情况下的处理原则如下：

如果两系故障均不会导致切系，则进行相应的故障提示；

如果一系的故障导致切系，另一系的故障不会导致切系，则 DMI 将切换到不会导致切系的一系，并进行相应的提示；

如果两系故障均导致切系，则 DMI 将黑屏，并在屏幕中央显示文本“ATP 设备故障”。

8 CTCS2 级列控系统的应用

8.1 设备的安装

铁道部为第六次大提速的需要,在各提速线路上分别安装 CTCS2 级列控系统应答器等地面设备,同时在各相应车站分别设置了车站列控中心。在引进的 CRH1 型、CRH2 型、CRH5 型动车组上安装了 STM、BTM、安全计算机等车上设备。济南局胶济线娄山—平陵城间为 CTCS2 区段,具体进行了下面的改造。

8.1.1 应答器设备安装

在区间每 3~5km 设置一处无源应答器,若区间一处丢失,不影响正常运用。无源应答器提供的信息主要包括线路的坡度、闭塞分区或轨道电路长度、载频、线路固定限速等信息。在车站的每架进站信号机处各设 1 个有源应答器。同时车站联锁、监测系统、CTC 或 TDCS 均需改造,以实现与车站列控中心接口。其中车站联锁主要提供进路信息,CTC 或 TDCS 系统提供临时限速功能。

点式应答器的设置原则为:

车站进站口处:设置 1 个有源应答器和 1 个无源应答器。

车站出站口处:设置 1 个有源应答器和 1 个无源应答器。

级间切换处:设置具有预告、执行功能的固定信息应答器。每个运行方向需要单独设置预告点应答器,执行点应答器可与区间固定应答器合用。

区区间隔 3~5 km(3 个闭塞分区)成对设置无源应答器。

点式应答器的安装标准:

- 1、应答器应安装在轨枕中央,其表面应低于钢轨表面 93~190 mm
- 2、应答器间最小安装距离应满足: $s \leq 180 \text{ km/h}$ 时, $d = 2.3 \text{ m}$ $80 \text{ km/h} < s \leq 300 \text{ km/h}$ 时, $d = 3.0 \text{ m}$; $300 \text{ km/h} < s \leq 500 \text{ km/h}$ 时, $d = 5.0 \text{ m}$ 。
- 3、应答器可成组安装,每组最多 8 个,同一组中两相邻应答器的间距不得大于 12 m。

- 4、应答器应尽量安装在最小曲线半径大于 300m 的线路上。
- 5、应答器的具体安装位置应综合其作用、车载天线位置、信号机等因素统筹考虑。

8.1.2 车站列控中心各种设备安装

提速线路所有车站装备计算机联锁。计算机联锁与车站列控中心采用 RS-422 接口，具有光电隔离措施，接口及通道应冗余配置。根据需要，车站列控中心输出进站或进路信号机点黄灯、接近区段轨道电路发黄码控制条件，由联锁系统完成联锁、控制及驱动。联锁的功能适应 200 km/h 动车组的安全开行要求，主要是列车通过时进路锁闭、解锁的安全性、既有正线轨道电路长度的适用性。反向按自动站间闭塞方式进行配套改造。

采用 TDCS 或 CTC 行车指挥设备。在 CTC 或 TDCS 的车站车务终端上设有特定的列控中心人机界面，采用统一的格式，包括输入、确认、显示方式等。CTC 或 TDCS 的车站分机与车站列控中心采用 RS-422 接口，具有光电隔离措施，接口及通道应冗余配置。临时限速调度命令，在调度中心以表格形式体现(包括界面、输入、回执)，在车站车务终端采用与调度中心基本相同的形式，无线调度命令向列车发送时自动转换成既有的文本形式。

同时对微机监测进行配套改造，增加与列控中心的接口及相应的监测功能。采用综合智能电源屏，对车站联锁、闭塞设备、闭环电码化、道岔缺口检查、灯丝报警、电源等监测功能进行整合。按信号电缆方式传输站间信息，铺设站间贯通电缆。

8.1.3 动车组车上设备安装

济南铁路局使用 CRH2 型动车组，同时装备 ATP 车载设备与列车运行监控记录装置 (LKJ)。在 160km/h 以上区段，地面设备按照 CTCS2 级要求进行改造，由 ATP 车载设备控车，LKJ 负责运行记录；在 160km/h 及以下区段，由 LKJ 控车，ATP 车载设备提供机车信号。两种控车模式通过应答器自动转换。机车上取消传统的通用式机车信号设备。ATP 车载设备与列车运行监控记录装置的接口采用

RS-422 接口, 提供 LKJ 控制所需的机车信号信息和应答器信息。控车权的转换以 ATP 车载设备为主(控制切换继电器由 ATP 控制)。在 LKJ 控车时, ATP 的 DMI 上显示机车信号和列车实际运行速度。

8.2 CTCS2 列控系统运行试验与调试

铁道部在第六次大提速开行前, 对既有线列控系统进行了大量的试验, 其中济南铁路局在胶济线娄山—高密间进行了多次试验, 验证 ATP 超速防护功能及点式信息、连续信息接收性能等, 确保其控车的安全性能万无一失。

下面以 2007 年 1 月 21 日在胶济线进行的 250km/h 列控试验说明各项试验内容:

1、表 8.1 动车组运行时刻表

55024	55022	车次	55021	55023	55025
250	160—255	速度 km/h	160—180	200	255
11: 02	10: 06	高密		10: 16	11: 12
10: 46	9: 50 9: 41	即墨	9: 00	10: 36	11: 28
	9: 31	城阳	9: 08		
	9: 24	娄山	9: 14		

2、临时限速和级间切换试验: 55021 次下行限速地点为即墨—城阳间 K36+700—K36+800 限速 60km/h; 级间切换点(C2→C0): K24+041。娄山站 4 股接车。55022 次上行限速地点为娄山—城阳间 K29+700—K30+000 限速 80km/h; 级间切换点(C0→C2): K23+643。

3、区间停车试验: 55022 次在城阳—即墨间上行, 人为关闭 T378 (K27+849) 信号机, 动车组在区间停车。停车后, 转目视模式行车, 通过停车点后, 恢复正常控车, 进即墨 4 股停车。

4、超速防护试验: 55022 次由即墨 4 股开车后, 在区间接最高 255km/h 运行, 由 ATP 控制降速, 此后按 200km/h 运行, 高密站 4 股接车。

5、引导接车试验: 55023 次高密站 4 股开车后。按 200km/h 运行, 在即墨站关闭的进站信号机外方停车, 凭开放的引导信号进入站内 2 股停车。

6、250km/h 制动至停车试验: 55024 次由即墨站 2 股开车, 在区间接最高 250km/h

运行,人为关闭 T734(K73+400)信号机,动车组由 ATP 控制至停车,此后按 200km/h 运行,高密站 1 股接车。

7、超速防护试验:55025 次由高密 1 股开车,在区间按 255km/h 运行,由 ATP 控制降速,此后按 200km/h 运行。

8、机外停车试验:即墨站转非常站控,由即墨站负责锁闭进路,当动车组 55025 次接近即墨下行进站时,按动车组车上指挥人通报关闭进站信号机,车站值班员关闭进站信号机,车载 ATP 输出紧急制动,动车组在机外停车。此后,即墨站开放进站信号,动车组重新启动,进即墨站 5 股停车。

8.3 设备常见故障分析与判断

8.3.1 日常维护内容

1、室外

- (1) 检查应答器的存在
- (2) 检查应答器安装位置正确
- (3) 检查安装架螺丝紧固
- (4) 检查有源应答器尾缆连接紧固

2、室内

室内机柜日常巡视,清扫。

(1) 检查监测机的网络连接状态。平时应保持在 A 主 B 备的状态(包括 CTCS、联锁、TDCS、LEU)的所有通道,主用的标志为绿色,备用黄色。LEU 与应答器的连接所有通道都为绿色。如果发生倒机,应尽快查明原因。在故障信息显示界面按条件过滤信息。

(2) UPS 和 24V 电源的工作状态。正常状态下指示灯为绿色。UPS 在列控机柜的最底层,两个黑色的扁平盒子。UPS A 单独给列控检测机供电,UPS A 故障后将切断维护机的供电,当发现维护机不亮时应首先查看 UPS A 的工作状态。24V 电源在监测机下面打开门的右边。

(3) 24V 电源互为备用,任意一个故障不影响系统的正常工作。

8.3.2 测试

LEU 至应答器之间的接口传送的是 564.48kb/s 的基带差分两相调制信号 DBPL (方波) 和 8.8k 的正弦波叠加在一起的信号, 其频率超出了普通万用表的正常测量范围, 除非使用宽频的真有效值变换的万用表, 否则测量出的数值不能正确表示信号的有效值, 但普通万用表测试值在处理故障时有一定的参考意义。

通过实测在列控中心正常工作时的参考电压是:

1、室内分线盘或 LEU 输出:

MF14 25V 档: 15-17V

数字万用表 200V 档: 4.8V

2、室外分线盒:

MF14 25V 档: 13-15V

数字万用表: 3V

8.3.3 常见故障分析

通过现场实际测试发现, 如电压超出范围则可能有故障, 可进一步查找判断故障的具体位置。

1、判断 LEU 故障可利用本身的状态指示灯, LEU 有四个不同颜色的指示灯 DS1 (绿)、DS2 (黄)、DS3 (黄)、DS4 (红) 分别代表不同意义。

DS1 (绿色) (软件处理状态): 当处理器处于正常模式时, “ON” (点亮) 状态, 当处理器出于初始化模式时, “OFF” (熄灭) 状态。当 LEU 编码器处于远程模式时, 闪光。

DS2 (黄色) (网络#2 工作): 当在网络#2 中发现有载波信号时, 黄色发光二极管“点亮”, 否则就“熄灭”。

DS3 (黄色) (网络#1 工作): 当在网络#1 中发现有载波信号时, 黄色发光二极管“点亮”, 否则“熄灭”。

DS4 (红色) (冻结电文工作): 如果 LED 亮, 检查连接器: 很可能是 LEU 编码器和应答器之间的电缆出故障。

利用这 4 个指示灯，我们可以判断 LEU 与上位机通信中断、与下位机通信中断、CUP 板故障。

2、如已判定 LEU 的输出通道故障，根据 LEU 的冗余方案，在 1、2 通道故障时可将航插 1、3 互倒（水平方向），在 3、4 通道故障时可将航插 2、4 互倒（水平方向）。

3、处理故障时应尽量利用好列控中心维修终端的自诊断信息，如网络状态连接图、实时通信日志图、历史通信日志图、实时故障信息图、报文数据检索浏览图等。通过网络状态连接图可以直接看出列控设备各级通道连接的通断情况。利用报文检索浏览图可直接查看四个有源应答器的当前报文，如果内容是默认报文则列控系统有故障。

4、列控中心维修终端的实时故障信息图给出故障信息、建议对策、故障代码按照这个指示基本可处理列控中心的大部份故障。

5、我国列控系统中，LEU 安装在室内，与应答器的连接电缆较长。从有线传输理论可知，长线路的特性阻抗与线路终端的开、短路无关。因此，这种方式安装的 LEU 对于电缆远端的断线、短路故障检测不到，因此在维修终端指示通道正常时仍有通道断线、短路的可能。

6、有些复杂的故障需要借助于 ALSTOM 公司的编程和测试工具 BEPT（Balise&EncoderPromgram&Testtool）在各级测试判断来完成。如遇有复杂的、利用现有手段不易判断处理的故障要通过实验室使用 BEPT 进行分析处理。

8.4 运行中具体故障情况及分析处理：

济南铁路局配属的 CRH2 型动车组从 4、18 开行以来在运行中遇有的故障主要有以下几个方面：

1、4 月 28 日 CRH2 型 036#动车组 北京开车前未将 ATP 隔离开关置正常位，造成级间切换点处没有进行切换，司机恢复隔离开关造成紧急停车。

2、5 月 3 日 CRH2 型 035#动车组 淄博开车 DMI 面板死机，输出制动停车后，司机进行重启后恢复正常。

3、6 月 25 日 CRH2 型 031#动车组 运行至即墨至高密间由于应答器信息缺失造成停车，改为 LKJ 行车。

4、7月12日 CRH2 型 031#动车组 运行值王村至周村东间由于轨道电路信息丢失造成停车，司机停车 2 分钟后转为目视行车，重新开车。

5、8月19日 CRH2 型 031#动车组 运行至昌邑至安丘间由于调度员没有发送临时限速命令报文，造成慢行地段速度的不控。

6、10月3日 CRH2 型 057#动车组 运行至潍坊东至潍坊间由于系统双系故障，DMI 面板黑屏死机造成停车，进行重启后，改为 LKJ 行车。

7、10月25日 CRH2 型 035#动车组 运行至高密进站前引导接车，由于司机没有及时按压 DMI 警惕键，造成 ATP 输出紧急制动。

以上故障仅是在运行中故障的一部分，其中设备故障占大部分，人工操作方面占小部分，设备故障包括地面应答器故障和车上设备故障，人工操作包括司机操作不当和调度员漏发错发命令。总体来看，此运行控制系统安全可靠，能够有效保证行车安全。

9 结 论

随着我国高速动车组的发展，列车运行控制系统发展也进入了一个全新的阶段，本课题就是在这个背景下进行的。本课题立足于在开放的技术的基础上开发全新的适于我国现状的动车组运行控制系统系统，通过以上对高速列车运行控制系统的研究分析，可以看出高速铁路运行控制系统具有安全可靠高科技的主要特点，为我们在今后动车组的运用、检修过程中提供可靠的理论知识，并结合在实际工作中所出现的问题，更好的掌握先进的地面设备原理、车载设备原理，减少运用当中出现故障而造成的损失，为铁路运输提供装备保证；同时通过现场实践，也为加快我国铁路的发展提供有力的技术平台，有利于促进我国铁路企业的自主创新和打造中国品牌的高速列车，加快我国铁路现代化的步伐。

通过结合济南铁路局时速 200 公里动车组的实际运用以及在运用过程列控方面出现的故障分析和处理，我们将进一步研究分析车载设备和地面设备并及时向铁科院、南车四方车辆股份、和利时公司等反馈运用信息，提出合理化建议。

高速列车运行控制系统一个系统工程，既有地面设备，又有车载设备，既有技术方面原因也有管理方面原因，同时又受科技发展和经济发展的影响。随着人类文明的发展和社会的不断进步，对时间的观念会越来越重要，对铁路的运行速度提出更高的要求。列车运行控制系统作为铁路动车组速度提升的先决条件，越来越受到各级领导、专家和工程技术人员的重视。通过对列车运行控制系统的不断分析和研究，加强管理并结合科技发展不断采取新的技术措施，不断提高列车运行速度和通过能力，为国民经济的发展提供可靠的保障。

高速列车控制系统是一个复杂的、门类较广的系统工程，由于受到时间和本人学识水平的限制，在论文中难免存在一些不妥之处，敬请各位老师、专家批评指正。

10 下一步工作打算

以上通过高速列车运行控制系统的进行了简要研究分析，由于这种系统比较先进且引进不久，加上自己知识和能力所限，对列车运行控制认识和分析还存在局限性。下一步重点结合自己的工作实际对发生故障的搜集整理，对发生的问题分析归纳，减少问题重复发生。同时继续加强学习与研究，尽快掌握这门新生科学，真正做到学以致用。

参考文献

- [1] 高速铁路技术, 铁道科学研究院高速铁路技术研究总体组, 中国铁道出版社, 2005
- [2] 世界高速铁路技术, 钱立新 主编, 中国铁道出版社, 2005
- [3] LKJ2000 型列车运行监控记录装置, 杨志刚 主编, 中国铁道出版社, 2003
- [4] ATP 车载设备与各动车组接口会议纪要, 运基信号, 2005
- [5] 200km/h 动车组 ATP 车载和地面设备配置及运用主要技术方案, 运基信号, 2005
- [6] 200km/h 动车组 ATP 车载设备显示界面的建议方案, 运基信号, 2005
- [7] 既有线 200km/h 车站列控中心运用技术原则 (暂行), 运基信号, 2005
- [8] CTCS-2 列控系统方案 (司机版), 运基信号, 2005
- [9] 监控装置使用管理专题工作报告, 铁运函 2005-815
- [10] 机车监控装置乘务员操作使用手册, 济南铁路局 2006 年 2 月
- [11] CTCS-2 级 ATP 技术条件 (暂行)
- [12] 应答器技术条件 (暂行)
- [13] 动车组列控系统车载设备招标文件
- [14] 动车组车载 ATP 显示器方案 (2005.06.09)
- [15] 铁路 200—250km/h 既有线技术管理暂行办法, 中国铁道出版社, 2007

作者简历

本人 1995 年 6 月毕业于大连铁道学院电气工程系，所学专业为电力牵引与传动控制，分配到原济南铁路局青岛机务段工作。先后在检修车间、运用车间、技术科见习。结合自己在学校学习到的理论知识，又对内燃机车电机、电器构造和原理、柴油机、辅助系统等，从实物上使自己有了更加深刻的领会和理解。

1996 年 8 月至 2004 年 9 月先后在运用车间担当机车副司机、司机、指导司机职务。通过在线上的跑车，学习了静态和动态机车的检查程序，体会到运行中的机车处理故障的难度，也深刻体会到铁路行车安全的重要性。多次提出对行车方面的合理化建议，并发表了论文。

2004 年 9 月份到段安全科负责行车安全工作，此时胶济线大规模电气化改造正在进行，多处施工同时进行，临时限速达示命令多，反方向运行等非正常情况下行车多，为充分发挥监控装置的作用，参与制订了段《IC 卡使用管理办法》、《重要施工管理办法》、《IC 卡信息按照工务公里标排序》的方法，这些办法和技术攻关保证了我段在胶济线施工如此繁忙的情况下的行车安全。

2005 年 4 月份参加了铁道部在成都组织的第四期单司机培训班，系统学习了单司机作业标准，规章制度及提速机车结构原理，为以后的工作打下基础。

2005 年 8 月参加了铁道部组织的时速 200 公里司机选拔考试，通过笔试、面试和心理测试及身体检查，有幸被选中。

2006 年 1 月赴日本川崎工厂学习 CRH2 型动车组整体原理、组成，并在制造工厂进行了参观学习，对制动系统，牵引系统，辅助系统等有了全面深入的认识和理解。

2006 年 9 月至 12 月参加铁道部组织的 CRH2 型动车组各项试验，其中有 ATP 机能试验，动车组牵引和制动试验，弓网受流试验等。

2007 年 1 月调济南机务段任动车组司机，参加了济南铁路局动车组试运行演练，非正常情况处理演练，规章制度汇编等各项工作。

2007 年 4 月任动车组指导司机，通过 4.18 第六次大时速正式开行动车组以来在线上亲自驾驶和添乘，体会到列车运行控制系统的重要性，我国铁路要想快速发展，必须要采取高科技手段，才能提高运行速度，做到快速平稳舒适。

总之，虽然因为工作的需要，岗位发生了的几次变化，但是作为一名专业技术人员，我始终能够认真学习，接受新生事物，发挥出一名专业技术人员应有的水平，为铁路的安全生产贡献出自己的力量。