

高速铁路列车运行控制与调度指挥一体化方案

陈尔超

Integration scheme of train operation control and dispatching command for high-speed railway

CHEN Erchao

引用本文:

陈尔超. 高速铁路列车运行控制与调度指挥一体化方案[J]. 铁路计算机应用, 2022, 31(8): 17-21.

CHEN Erchao. Integration scheme of train operation control and dispatching command for high-speed railway[J]. Railway Computer Application, 2022, 31(8): 17-21.

在线阅读 View online: <http://tljsjyy.xml-journal.net/2022/18/17>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

高速铁路调度指挥仿真实验平台的设计与实现

High-speed railway dispatching simulation platform

铁路计算机应用. 2017, 26(9): 49-53

高速铁路列车追踪间隔仿真计算系统设计与实现

Simulation system for train tracking interval of high-speed railway

铁路计算机应用. 2017, 26(12): 10-14

基于多智能体的运营高速铁路救援仿真研究

High-speed railway rescue simulation based on multi-agent

铁路计算机应用. 2018, 27(7): 58-63

高速铁路应急联合演练仿真培训系统

High-speed railway emergency joint drill simulation training system

铁路计算机应用. 2017, 26(10): 40-44

铁路信号一体化设计平台数据库设计

Database design of railway signal integration design platform

铁路计算机应用. 2018, 27(2): 44-46

铁路车载北斗高精度一体化天线设计与实现

Railway train-mounted Beidou high precision integrated antenna

铁路计算机应用. 2019, 28(10): 48-52



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

文章编号: 1005-8451 (2022) 08-0017-05

高速铁路列车运行控制与调度指挥一体化方案

陈尔超

(中国铁路设计集团有限公司 电化电信工程设计研究院, 天津 300308)

摘要: 信号系统作为高速铁路的神经中枢, 是保障高速铁路运行安全、提高运输效率的关键。高速铁路信号系统对列车运行控制(简称: 列控)与行车指挥的智能化、协同化方面提出了更高要求。文章阐述了高速铁路列控与调度指挥一体化的设计理念, 介绍一体化系统应实现的基本功能, 对系统架构、子系统架构及系统接口进行设计和研究。

关键词: 高速铁路; 信号系统; 列车运行控制; 调度指挥; 调度控制一体化

中图分类号: U284.48 : U284.59 : TP39 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1005-8451.2022.08.04

Integration scheme of train operation control and dispatching command for high-speed railway

CHEN Erchao

(Electrification & Telegraphy Engineering Design Research Department,
China Railway Design Corporation, Tianjin 300308, China)

Abstract: As the nerve center of high-speed railway, signal system is the key to ensure the safety of high-speed railway operation and improve transportation efficiency. High-speed railway signal system puts forward higher requirements in the intelligent and collaborative aspects of train operation control and traffic control. This paper expounded the design concept of the integration of high-speed railway train operation control and dispatching command, introduced the basic functions of the integrated system, designed and studied the system architecture, subsystem architecture and system interface.

Keywords: high-speed railway; signal system; train operation control; dispatching command; integration of dispatching and control

随着我国高速铁路的快速发展, 至 2021 年 12 月底, 其运营里程已突破 4 万 km。高速铁路信号系统作为高速铁路的神经中枢, 对保障运行安全、提升运营效率起着至关重要的作用。中国铁路列车运行控制系统(CTCS, Chinese Train Control System)(简称: 列控系统)按照闭塞技术的发展划分为 CTCS-0 ~ CTCS-4 级, 适应我国铁路的多类型线路, 满足多种速度需求^[1-2]。2019 年 9 月发布的《交通强国建设纲要》提出要打造一流设施、一流技术、一流管理、一流服务的交通强国, 交通装备先进适应、完全可控^[3-4]。因此, 对高速铁路信号系统的理论基础与实践应用提出了更高的要求, 研究高速铁路列控与调度指挥一体化对铁路运营、技术创新具有重要意义。

收稿日期: 2021-01-28

作者简介: 陈尔超, 工程师。

1 设计理念

高速铁路列控与调度指挥一体化系统可实现运行控制与调度指挥的有机统一, 提高信号系统的智能化水平, 提升铁路整体的运输效率^[5-7]。该一体化方案的设计理念包括以下 6 个方面。

(1) 高速铁路信号系统从车站联锁、区间闭塞、调度监督向列控与行车调度一体化转化; 列控从人的操作和确认向设备的智能化运行转化; 调度指挥从“列车调度—车站值班—司机”向列车调度直接控制列车转化。

(2) 系统设计时应充分考虑内部资源共享, 避免相同信息重复传输和采集, 减少与外部系统的接口。

(3) 系统的运营维护功能要全面, 对站内、区间、车载的设备状态进行实时监督、准确定位。

(4) 系统要实现列控兼调度指挥的功能, 单个

模块功能不宜太过复杂，否则会影响整个系统的安全性和可靠性。

(5) 系统应充分考虑安全性和可靠性，联锁、列控模块及其相关接口采取 2 乘 2 取 2 或 2 乘 3 取 2 的安全冗余结构。

(6) 一体化并不意味着所有逻辑运算处理均由同一个处理器完成，也可由多个处理单位构成，分工协作，但需在系统功能和软件设计方面统一考虑。

2 列控与调度指挥一体化系统功能

高速铁路列控与调度指挥一体化系统预期实现以下 5 项基本功能。

2.1 自动排列进路

根据列车的车次号信息，下载列车运行时刻表，由系统自动完成进路排列任务，取代人工进路办理，避免人工处理的失误。

2.2 列车自动驾驶

根据线路的曲线信息、坡度信息、列车运行许可或轨道电路空闲信息等，不断优化速度—距离模式曲线，列车车载设备据此控制机车牵引和制动系统来实现自动运行。

2.3 自动跟踪控制

线路上有多种速度限制，包括线路速度限制、进路允许速度、临时速度限制、车辆构造速度等，系统在正常情况下根据速度—距离模式曲线给出的推荐速度行驶。当列车超过限制速度时，系统自动实施紧急制动或常用制动，从而保障运行安全。列车靠近站台时，系统实时采集和比较列车速度、站台距离，不断与牵引和制动系统交互，实时控制列车对标，精确对位停车。

2.4 自动监督和报警

实时监督全线列车的运行状况，集中显示在控制中心大屏幕和调度工作站上，并自动记录列车运行全过程。自动监督信号设备的运行状况，集中显示在维护工作站上，并对故障设备信息进行报警。

2.5 列车自动调整

列车自动调整包含列车自身的调整和时刻表的调整。列车自身可自动进行速度调整，即在列车行

驶过程中，系统根据运行时刻表、追踪间隔、临时限速等，实时自动进行速度调整；当列车偏离计划运行时刻表时，系统也可自动调整时刻表，即系统通过调整运行等级、停站时间、列车目的地等方式自动调整行车计划。

3 列控与调度指挥一体化系统架构

高速铁路列控与调度指挥一体化系统总体架构如图 1 所示，系统由调度指挥子系统、列控联锁子系统、维护监测子系统构成。系统内部通过各类数据网络连接，包括信号系统安全数据网、调度集中数据网、信号集中监测数据网。按物理位置划分为中心设备层、车站设备层、轨旁与车载设备层。其中，轨旁与车载设备层与现行高速铁路 ATO (Automatic Train Operation) 系统一致^[8]，本文着重描述中心设备层、车站设备层。在现行列控系统基础上，先进行列控与联锁系统的结合，实现列车控制与地面设备控制的统一；再将结合后的系统（即：列控联锁子系统）与调度指挥子系统有机融合，实现列控与调度指挥的一体化设计；并在维护监测子系统的支持下，实现安全有序运行。

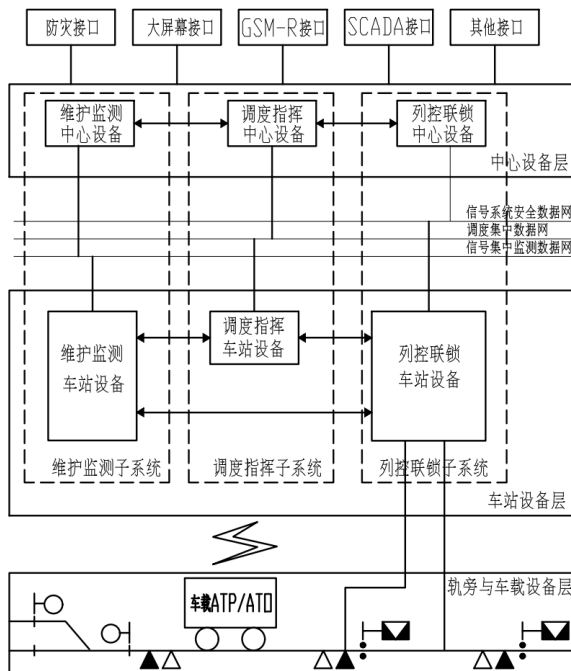


图1 系统总体架构

正常情况下，由列控与调度指挥一体化系统根

据时刻表自动完成列控与调度指挥，列控联锁子系统实时向调度指挥子系统提供列车运行状态信息，维护监测子系统实时采集信号设备的状态信息；当发生故障或遇到特殊情况时，调度员可介入进行调度指挥，下达行车调度命令给列控联锁子系统。

3.1 调度指挥子系统

调度指挥子系统由调度集中（CTC，Centralized Traffic Control）中心设备、CTC 站机设备、调度模块、中心操作工作站、车站操作工作站组成，子系统架构，如图 2 所示。

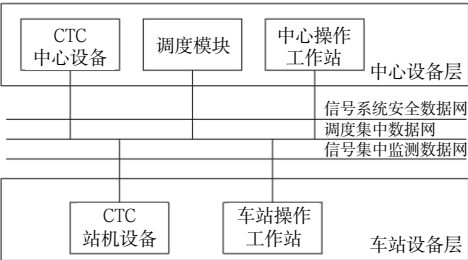


图2 调度指挥子系统架构

（1）CTC 中心设备

CTC 中心设备主要由数据库服务器、应用服务器、通信服务器、网络交换机组成。数据库服务器用于储存系统数据，如离线存储的线路数据、轨道数据，在线存储的列车运行计划、到发时间等。应用服务器安装有应用软件，用于处理数据和功能执行。通信服务器与网络交换机用于实现与其他系统间的接口，通过以太网连接其他系统。

（2）中心操作工作站

中心操作工作站是 CTC 中心设备与调度中心人员的人机交互界面，可通过操作菜单栏完成调度功能，也可监督和控制所管辖车站的联锁区段，进而实现对列车的直接控制。可按线路控制范围配置若干个中心操作工作站，实现精确控制。此外，中心操作工作站配有时刻表编辑功能，用于离线生成和在线记录运行时刻表。

（3）车站操作工作站

根据列控联锁设备的部署，每个列控联锁车站配置 1 套本地操作工作站，通过调度集中数据网与 CTC 中心设备进行连接。一般情况下，车站仅进行

监视功能；特殊情况下，可实现本站人员的人工介入控制。

（4）调度模块

调度模块实时收集列车运行数据，并与计划时刻表进行比较，若运行数据产生偏差，则触发调整指令，系统自动调整时刻表，并据此生成新的速度—距离模式曲线，指导列车运行控制。

3.2 列控联锁子系统

列控联锁子系统采用列控联锁一体化设备方案，基于 CTCS-3 级列控系统，结合计算机联锁设备功能，实现两者有机融合、联动控制。列控联锁子系统主要包括列控联锁主处理单元、临时限速模块、应答器模块、轨道电路模块，子系统架构，如图 3 所示。

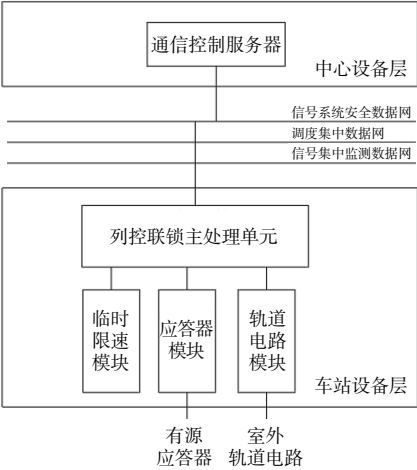


图3 列控联锁子系统架构

（1）列控联锁主处理单元

列控联锁主处理单元采用安全冗余结构进行设计^[9]，用于联锁逻辑和行车许可的运算，满足车站和区间的联锁要求，控制列车的追踪间隔。每个车站均配置列车联锁主处理单元，经通信控制服务器与 CTC 设备进行通信，向 CTC 中心设备提供列车运行状态信息，并接收 CTC 设备的控制命令。

（2）临时限速模块

临时限速模块负责校验、存储、提示临时限速命令，而临时限速命令的设置和取消统一由 CTC 中心下达，并由 CTC 中心统一管理。同时，将临时限速命令传输给列控联锁主处理单元，列控联锁主处理单元据此计算行车许可。

（3）应答器模块

综合考虑 CTCS-3 级列控系统兼容 CTCS-2 级列控系统，配置应答器模块及进站、出站、区间、定位、等级转换等应答器组。应答器组包括有源应答器和无源应答器，有源应答器提供临时限速、进路信息，无源应答器提供线路信息、定位信息，有源应答器的电源和报文由应答器模块提供。

（4）轨道电路模块

轨道电路模块用于实现区段的占用检查，同时保障在 CTCS-3 降级后通过钢轨传递信号编码信息。轨道电路模块考虑采用 ZPW-2000 系列轨道电路，区间设置无绝缘轨道电路，中间站设置相同的机械绝缘轨道电路，枢纽站设置 25 Hz 相敏轨道电路。按照区间、车站的配线统一设置轨道电路载频，轨道电路编码由列控联锁主处理单元控制完成。

3.3 维护监测子系统

随着信息技术、网络技术、人工智能的发展，高速铁路列控与调度指挥一体化系统需要更全面、更精准的监测与感知设备，实现综合监测与智能分析。维护监测子系统主要包括维护监测服务器、维护监测工作站、数据采集设备、障碍物检测设备，系统架构如图 4 所示。

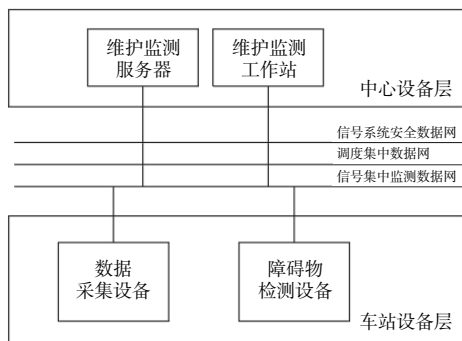


图4 维护监测子系统架构

（1）维护监测服务器

维护监测服务器设置于中心设备层，用于集中处理和存储维修信息，并通过模式识别、大数据等智能分析技术提前发现设备隐患、辅助现场维修、诊断故障原因、指导故障处理。

（2）维护监测工作站

维护监测工作站从维护监测服务器得到信息并

进行展示，包括设备的状态、列车的运行数据、诊断报警信息等。

（3）数据采集设备

数据采集设备负责与被监测设备、元件保持连接，连续收集监测数据。监测内容应全面，如轨道电路的发送端和接收端的电压监测、转辙机的动作曲线、道岔表示电压监测、信号机点灯电流监测、电源漏泄电流监测，以及调度指挥、列控联锁主机的监测等。

（4）障碍物检测设备

区间设置障碍物检测设备，采用激光雷达探测、视频联动、感知技术等，实时监测列车运行前方及沿线障碍物。当异物侵入时，实时报警，并发送至一体化系统，为安全运行提供保障。

3.4 与外部系统的接口

列控与调度指挥一体化系统充分考虑内部资源共享，通过中心设备层统一实现与外部系统接口的集中设置与管理。

（1）防灾系统接口

一体化系统与防灾系统的接口通过 CTC 中心设备实现，当灾害发生时，由防灾系统发送防灾信息给一体化系统，并在中心操作工作站与大屏幕上显示报警信息。

（2）大屏幕系统接口

一体化系统与大屏幕系统接口通过 CTC 中心设备实现，并在中心操作工作站与大屏幕上显示报警信息。

（3）数据采集与监视控制系统接口

一体化系统和数据采集与监视控制（SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition）系统的接口通过 CTC 中心设备实现，接收接触网系统的供电状态信息，并进行集中显示。

（4）铁路综合数字移动通信系统接口

一体化系统与铁路综合数字移动通信系统（GSM-R, Globble System of Mobile for Railway）的接口是实现一体化系统车地间双向实时传输数据的关键，列车经车载设备，通过 I_{GSM-R} 接口接入 GSM-R 网络，地面经列控联锁主处理单元，通过 I_{FIX} 接口接

入 GSM-R 网络。

4 结束语

本文根据我国高速铁路技术装备智能化、信息化的建设目标，结合列车运行控制与调度指挥一体化研究热点，从设计方案角度进行了初步探讨，给出了高速铁路列车运行控制与调度指挥一体化系统的技术特点与配置方案，为下一步研究工作提供了设计思路。

参考文献

- [1] 莫志松, 郑 盛. 高速铁路列车运行控制技术-CTCS-3级列车运行控制系统[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2016.
- [2] 齐亚娜. 我国高速铁路列车运行控制系统安全相关标准分析[J]. 中国铁路, 2012 (3): 21-24.
- [3] 陆东福. 交通强国 铁路先行 为促进经济社会持续健康发展做出更大贡献——在中国铁路总公司工作会议上的报告 (摘要) [J]. 铁路计算机应用, 2018 (1): 1-3.
- [4] 中国铁路总公司. 关于科学有序推进高速铁路建设发展的指导意见[Z]. 北京: 中国铁路总公司, 2017.
- [5] 宁 滨, 董海荣, 郑 伟, 等. 高速铁路运行控制与动态调度一体化的现状与展望 [J]. 自动化学报, 2019, 45 (12): 2209-2217.
- [6] 王同军. 智能铁路总体架构与发展展望 [J]. 铁路计算机应用, 2018, 27 (7): 1-8.
- [7] 步 兵, 丁 奕, 李辰岭, 等. 列车控制与行车调度一体化节能方法的研究 [J]. 铁道学报, 2013, 35 (12): 65-71.
- [8] 国家铁路局. 铁路信号设计规范: TB 10007-2017 [S]. 北京: 中国铁道出版社, 2017.
- [9] 王海忠, 莫志松. 京津城际铁路与石太客运专线信号安全技术研究[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2018.

责任编辑 李依诺