

Construction of multi-department cooperation mechanism and information sharing platform in railway traffic organization

Zhijie Hou Xu Bai Bin He

Taiyuan Bureau Group Co., Ltd. Linfen Comprehensive Section, Taiyuan, Shanxi, 033000, China

Abstract

Railway traffic organization involves multiple departments, including dispatching, vehicle operations, locomotive operations, and signaling. Information barriers and collaboration obstacles can hinder transportation efficiency. By constructing an information sharing platform based on system architecture and interface standards, it is possible to restructure cross-departmental business processes and synchronize control logic, forming a dynamic collaborative model for high-frequency operational scenarios. The platform's structure design, boundary responsibility identification mechanism, and command flow form a closed loop within the organizational system. Through typical collaborative practices, the platform's ability to optimize the handling efficiency of key control nodes, task execution transparency, and response latency is verified.

Keywords

railway traffic organization; multi-department cooperation; information sharing platform; control mechanism

铁路行车组织中多部门协作机制与信息共享平台构建

侯志杰 白旭 贺斌

太原局集团有限公司临汾综合段, 中国·山西太原 033000

摘要

铁路行车组织涉及调度、车务与机务和电务等多个部门, 信息壁垒与协作障碍对运输效率构成制约。基于系统架构与接口标准等维度构建信息共享平台, 可实现跨部门业务流程的结构重构与控制逻辑联动, 形成高频作业场景下的动态协同模式。平台结构设计、边界责任识别机制与指令流在组织体系中的运行闭环。依托典型协同实践, 验证平台对关键控制节点处置效率、任务执行透明度与响应时延的优化能力。

关键词

铁路行车组织; 多部门协作; 信息共享平台; 控制机制

1 引言

铁路行车组织具有网络广且环节复杂的特征。调度、车务等职能系统在空间与逻辑上高度交错, 部门间信息独立且响应链条分散, 协作过程中易出现资源重复占用、时序冲突等问题。指令传达依赖人工确认, 状态反馈存在滞后, 系统间缺乏统一接口标准与实时信息通道, 导致组织效率难以保障。运输组织精细化要求与突发事件快速响应需求不断提升, 对行车系统的信息透明度与多部门联动提出更高要求。本文旨在研究多部门协作机制下的信息共享平台构建路径, 探讨其在优化铁路行车组织结构与提升运行效率中的应用价值。

2 多部门协作机制的结构与功能定位

2.1 各职能部门在行车组织中的核心职责

铁路行车组织涉及多部门分工协作, 每一环节的职能界定构成整体系统运行的基本单元。行车调度在整个组织中占据核心控制位置, 承担列车运行计划编制、运行过程监控、调度命令下达等核心控制任务^[1]。其指令调度频次日均超过 1800 次, 覆盖干线、支线等多级网络节点。车务段负责区间行车组织、道岔操控与闭塞系统操作等现场实施动作, 所控制的车站数目一般不低于 20 个, 操作行为具有高度密集性与顺序依赖性。机务段主要承担机车编组、乘务交接及机车故障处理, 日均出入库次数约为 220 次, 调机作业平均响应周期为 8 分钟以内。信号部门保障列车运行指挥信号系统的稳定性, 处理联锁控制系统中断、信号异常等问题, 系统日均处理信号状态变更超过 35000 次。电务部门维护接触网、轨道电路等电气设备运行, 设备运行电压波动应控制在 1.8V 以内, 保障能源持续输出的稳定性。工务段负责线路、桥涵、道床及道岔等基础设施的维护与状态巡检, 是保障线

【作者简介】侯志杰(1975-), 男, 中国山西朔州人, 本科, 助理工程师, 从事铁路交通运输组织研究。

路几何精度和设备稳定运行的基础部门。其日均巡视里程不少于 120 公里，重点设备如转辙机、道岔心轨等检修频次高，受天气、载重冲击和设备老化影响显著。工务部门需与车务协同配合，特别是在封锁施工、应急抢修与限速处置等关键节点中，实现信息联动与时序协调。

部门之间在业务逻辑上相互依赖，每一单位职能范围具有空间交集与功能耦合^[2]。调度命令依赖信号系统执行，车务操作依赖电务系统稳定供电，机务任务依赖调度规划顺序。这种依赖关系导致职责明确但执行动作需高度同步，任何环节时序延迟均可能导致系统整体脱节。因此，部门职责的功能边界应保持清晰，但操作行为必须实现精细化协同。

2.2 协作链条中的指令传达模式

铁路行车调度指令传递模式基于纵向传达与横向协调并存的结构体系^[3]。纵向传达以调度所为中心，由上至下依次经由调度值班员、车站值班员等执行链级传递，每一指令需经过不少于三级审核与复述确认，以控制口令执行精度。调度中心每次调度命令发出至执行反馈平均周期为 42 秒，超过 60 秒将视为超时风险指令，须立刻介入调度控制审核。横向协调则由调度指挥系统联合车务、机务与信号等部门设定操作窗口，借助预留施工封锁时段、计划牵引换向节点、信号联控窗口等方式实现多部门协同作业，通常窗口占比不

得高于列车运行图空隙量的 12%，避免冲击正点率。调度信息传达依托图形化可视平台与语音通信系统双重通道运行。图形化平台中列车动态信息刷新频率不低于 1Hz，轨道占用状态更新延迟不超过 1.2 秒，数据源采集来自信号系统状态实时回传。语音通道用于处理系统信息覆盖盲区或特殊工况调度，日均语音调度时长累计超过 10 小时，语音通道通话中断率应控制在 0.01 以下。

2.3 边界责任划分中的关键控制点

部门间操作边界主要集中于空间交界、功能重叠和资源调配三个层面。空间交界表现为交叉作业区，如车站信号区段、编组场接轨段与道岔疏解口。功能重叠主要集中在调度权限、信号操作权等权限划分上，资源调配矛盾体现在人员、时段的优先使用安排中。责任边界不清直接影响任务流转效率与风险防控能力如表 1。

在各控制点上，操作时段重叠量与权限交叉操作频次存在正相关关系，边界模糊度高的点位中，设备资源共享程度增加。响应时间短的区域风险压缩空间小，责任归属认定难度上升。此外，工务段与车务段在封锁计划执行、临时限速发布及施工过轨组织等场景中亦存在频繁协作，其作业窗口需纳入车务调度计划统一编排，以防止作业冲突和信息滞后引发运行风险。

表 1：典型控制点作业边界冲突参数统计

控制点名称	涉及部门	操作时段重叠量(小时)	信号操作冲突频次(次/日)	故障处置响应差值(秒)	并用设备数量(台)
北京南站到发场	车务 / 信号	6.4	112	38	4
郑州东折返线	调度 / 机务	3.1	86	45	2
武汉编组站南场	信号 / 电务	7.5	94	42	5
上海虹桥道岔区	车务 / 电务	4.9	76	41	3
广州北进站区段	调度 / 车务	5.7	108	36	4

3 信息共享平台的系统架构与关键模块

3.1 系统设计中的逻辑结构规划

逻辑结构中各类数据处理任务按照业务属性和处理方式静态基础单元、动态时序单元、调度控制单元与设备状态单元和故障应急单元。静态基础单元负责存储站场图结构、列车运行图模板、设备编号字典等不随时变动的参数数据，采用主从数据库双写机制，更新周期不短于 4 小时，索引字段自动重构周期为 12 小时。动态时序单元专门处理高频变化数据，涵盖列车实时位置信息与信号灯色变化等要素，使用分区消息队列进行时序归档，单队列写入速度可达 3000 条 / 秒，单条数据生命周期不低于 96 小时。

调度控制单元对各类调度命令、图定计划变更进行缓存控制，采用基于键值索引的高性能数据库进行读写操作，支持事务一致性保障机制。每类调度操作的写入响应周期需控制在 650 毫秒以内，写入失败重试次数上限为 2 次。设备状态单元对牵引供电、道岔控制器与轨道电路等关键设备的工作状态和报警日志进行实时采集，支持状态变化触发写入模式。数据通道采用双向差异增量更新机制，同一设备状态更新间隔不得超过 1.5 秒。应急响应单元主要对突发故障、

调度中断与通信异常等事件进行事件驱动处理，具备事件优先级动态调整能力。所有高优先级事件需在 100 毫秒内触发异步推送机制，事件消息按优先级分配至不同处理线程，线程最大并发数量不得低于 64 个。

五个功能单元在物理部署上采用分布式集群设计，逻辑互不依赖。节点间采用基于 Raft 协议的状态同步机制，每轮同步周期为 5 秒，同步过程中允许的最大偏差为 300 毫秒。一旦单节点状态漂移超过此偏差，立即触发节点隔离与副本切换操作，保证全局一致性不被破坏。高并发调度场景下，系统需对突发指令洪峰保持低失败率。冗余处理机制包含主备切换、负载均衡与自动重放三项措施，指令推送失败率控制在十万次中不得超过一次。主节点故障恢复时间不得超过 2.3 秒，备用节点最长延迟写入周期不超过 900 毫秒。系统需支持动态调度通道扩容机制，在负载接近阈值的情况下自动分配虚拟处理通道，并向上报告扩容日志。各单元在接口调用、数据共享的资源调度由统一服务编排中心完成。

3.2 数据接入过程中的技术要求

系统接入需采用双通道数据引擎机制，一条通道基于 ETL 引擎实现批量数据结构转换，另一条通道基于 CDC 机

制实现实时变更捕捉与同步写入。采集单元在数据写入前进行多维预处理操作，包括时间戳对齐、信号归一化与设备标识映射等处理步骤。系统需支持对 TCP/IP、RS-485、CAN 总线等多种通信方式的并发解析，数据入库过程需执行主键重构与索引一致性校验。

数据接入总线采用时序写入策略，所有设备状态变更信息需映射至统一时间线模型。若原始数据标记时间为 T_i ，服务器接收时间为 T_s ，系统采用如下校正算法对入库时间戳进行重写：

$$T_a = T_i + \frac{T_s - T_i}{K}$$

其中 K 为时延权重因子，取值范围在 10 至 40 之间，按设备信号更新频率动态调整。此算法控制不同源数据写入时间序列偏差在 0.3 秒内，提高平台时序融合能力。数据传输过程采用 TLS 协议加密处理，支持 256 位加密深度，数据包在中转节点的验证失败率不得高于 1/100000。

表 2：典型接口调用性能与权限响应控制参数

接口编号	接口类型	最大并发连接数	平均响应时间（毫秒）	权限等级范围（级）	日均调用次数（次）
IF-D01	调度指令下发	420	78	4	89000
IF-S02	信号状态获取	310	64	3	103000
IF-M03	机务作业回传	285	91	5	67000
IF-C04	车务作业交互	330	83	4	74000
IF-E05	设备状态订阅	370	69	2	96000

接口认证采用 OAuth 2.0 联合双令牌机制，访问令牌期一般设定为 7200 秒，系统级接口访问需附带动态校验令牌，避免中间人攻击风险。接入系统需定期执行接口负载测试，单接口最大并发连接需稳定支持 350 个连接以上，接口自动重连策略响应周期不高于 1.2 秒。

4 协作机制优化与平台集成应用实践

在铁路行车组织实际运行中，多部门协作效率直接决定运输计划执行的稳定性与突发事件处置的及时性。宁波舟山港的海铁联运实践反映出信息共享平台在多部门协同结构中的高适配性与系统效能。港区集装箱办理站与国铁调度系统间借助高频交互通道实现数据节点级联接，单日信息交互条数稳定在 8.4 万条以上，交互频率峰值达到每秒 39 条。铁路集装箱在途位置、装卸节点状态等关键要素实现双向同步，作业环节之间的数据处理链由原先多系统串联压缩为三段式流程链，状态信息同步时延稳定控制在 2.3 至 2.5 秒之间。平台支持基于状态机逻辑的中转箱流转识别机制，单箱路径判断逻辑计算耗时平均不超过 0.9 秒。

系统对调度计划、堆场资源与短驳路径等要素进行统一调度映射，任务生成至执行之间的平均响应时间缩短至 6.2 秒，跨系统调度计划成功落地比例稳定保持在 1000 次指令中误差不超 7 次的水平。驳运车队的任务匹配采用动态余量平衡算法，任务错误分配控制在每日作业总量中的不足 5 例。取消纸质交接凭证后，平均每票业务在口岸办理节点节省时

3.3 接口标准中的统一规则制定

接口标准的统一性直接决定系统内多部门信息能否实现高效共享。平台需制定涵盖数据定义、传输格式和身份鉴权等内容的全流程接口规范。传输格式采用 JSON 与二进制并存策略，结构化指令采用 JSON，设备数据采用压缩二进制，接口消息长度控制在 2KB 以内，接口响应时限不得超过 120 毫秒。

接口调用协议统一基于 REST 标准设计，支持 GET、POST、PUT 与 DELETE 操作，URI 路径命名需与调度命令类型、设备编号、业务节点时间戳保持一一对应。每类接口需附带六级权限标记，权限粒度覆盖个人、岗位、部门全平台等结构，不同权限维度下返回字段个数不超过定义上限的 2 倍，避免数据冗余泄漏。参数校验机制支持类型校验、范围限制、依赖字段绑定与正则约束等联合规则，接口访问请求失败反馈代码需符合统一规范标准，主要错误码控制在 60 类以内如表 2。

间为 9.4 分钟，人工操作接口减少 12 个，转运节点的操作确认频次下降 18 次，减少中间环节干预量的同时提升指令闭环执行速度。

该系统在权限控制结构上进行精细化调整。操作权限动态映射模型引入行为轨迹映射机制，记录单位用户操作路径与数据字段调用关系，生成的权限访问链最大深度可达 6 级结构。原权限结构中数据字段与岗位角色绑定关系为单一指令维度映射，扩展后权限区分粒度提升 2 层。异常操作识别与归因模块实现平均 3.2 秒内完成行为定位与责任人匹配，日志检索路径缩短至原路径长度的 0.27 倍，提升异常场景下的问题处置效率。

5 结语

铁路行车组织中多部门职能交叉、作业边界密集，协作机制与信息流动结构对系统稳定运行构成核心影响。基于统一逻辑架构、规范化数据接入策略与多级接口权限模型构建的信息共享平台，可实现关键节点数据同步、指令闭环控制并提升调度精度与作业响应速度。

参考文献

- [1] 宋修桥.铁路车站标准化管理中的跨部门协作与资源调配机制研究[J].交通科技与管理, 2025, 6 (03): 174-176.
- [2] 宋静静.交通信息共享平台的建设与优化[J].人民公交,2024,(08):31-33.
- [3] 薛焕萍,杨海娟.大数据背景下我国交通运输信息化建设分析[J].时代汽车,2024,(01):189-191.