

海外铺轨工程运输调度管理系统建设

——以马来西亚东海岸铁路项目铺轨工程为例

张学超¹, 陈建¹, 白鑫^{2*}, 杨溟宇¹

¹中交第二公路工程局有限公司, 陕西 西安

²中国港湾工程有限责任公司, 北京

收稿日期: 2025年4月21日; 录用日期: 2025年5月13日; 发布日期: 2025年5月22日

摘要

一般铁路铺轨工程由于规模大、轨行设备多、交叉作业繁杂等特点, 使得其在轨行设备行车调度管理和施工安全方面存在安全隐患。而在海外铁路项目实施中, 作业人员普遍为当地及第三方劳工, 安全意识较为薄弱, 因此提高工程管理质效、保障人员及轨行列车安全尤为重要。本文以马来西亚东海岸铁路项目铺轨工程为例, 将工程行车调度指挥系统运用于铺轨工程, 并对具体方案进行研究, 借助信息化手段, 在组织、时间、专业三个维度进行扩展, 打破施工现场与调度管理间的信息传递壁垒, 有效降低行车安全事故, 提高调度管理效率, 为海外铁路铺轨施工提供参考借鉴。

关键词

国际工程, 铺轨工程, 施工安全, 运输调度管理, 系统建设

Development of Construction Railway Operation Control System for Overseas Track Laying Projects

—A Case Study of the East Coast Rail Link (ECRL) Project in Malaysia

Xuechao Zhang¹, Jian Chen¹, Xin Bai^{2*}, Haoyu Yang¹

¹CCCC Second Highway Engineering Bureau Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

²China Harbour Engineering Company Limited, Beijing

Received: Apr. 21st, 2025; accepted: May 13th, 2025; published: May 22nd, 2025

*通讯作者。

文章引用: 张学超, 陈建, 白鑫, 杨溟宇. 海外铺轨工程运输调度管理系统建设[J]. 管理科学与工程, 2025, 14(3): 632-639. DOI: 10.12677/mse.2025.143072

Abstract

Generally, railway track laying projects are inherently prone to safety risks in construction railway operation due to their large scale, numerous locomotives and track vehicles, and complex interconnected operations. In overseas railway implementations where the workforce predominantly consists of local and third country laborers with generally weaker safety awareness, enhancing project management efficiency and ensuring personnel and rolling stock safety become particularly crucial. Taking the track laying of Malaysia's East Coast Rail Link (ECRL) Project as a case study, this paper implements an construction railway operation (CRO) control system in track laying construction operations and conducts in-depth research on specific implementation schemes. By leveraging IT solutions to achieve three-dimensional expansion across organizational, temporal, and professional domains, the system breaks down information barriers between construction sites and CRO control center. This approach effectively reduces railway accidents, improves dispatching efficiency, and provides valuable references for overseas track laying project.

Keywords

Overseas Projects, Track Laying, Construction Safety, Construction Railway Operation Control, System Development

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来,随着“一带一路”倡议在沿线国家的持续落地,国内企业承接大量海外铁路工程。新建铁路工程线行车安全事故一旦发生,往往造成重大的人员伤亡和财产损失,同时对国家及项目在国际范围的影响巨大。因此,如何在铺轨工程中超前预防工程线行车安全事故,并有效提升工程线行车组织能力,是新建铁路铺架施工企业亟待解决的难题[1]。由中国交建承建的马来西亚东海岸铁路项目作为“一带一路”旗舰项目,备受国内外各方关注。该项目为双线基础、单线铺轨,工程线运输管理、组织对施工影响大,最长运输距离达 300 公里,同时具有施工作业范围长、跨度大,行车调度管理难度大,与土建、房建及四电交叉平行作业多等特点。多种类且多单位的轨行设备在工程线运行,对施工提出了更高的要求,也加大了施工的难度[2]。因此,项目深入研究轨行设备的运行及施工组织调度,引入工程线运输调度管理系统,通过信息化管理手段,解决工程线行车调度协调问题[3],降低工程线施工的安全事故风险,提升项目实施管理水平,同时为其他海外铺轨工程行车调度提供借鉴参考。

2. 运输调度管理系统架构设计

该运输调度系统主要用于马来西亚东海岸铁路项目(下称马东铁项目)工程线轨行车辆等的行车管理。系统以平台方式设计,主要功能涵盖机车数据采集与网络传输、施工机具定位、工程机车临近及超速报警、语音通讯、调度命令收发、长大隧道工程车实时视频监控、施工请销点管理、列车运行图、线路巡检、工程车智能防撞等。从调度指挥中心、手机 APP、车载终端、以及施工现场的安全防护端,四个方面(见图 1)融合实现与施工现场的整合统一管理[4]。

调度指挥中心:拥有系统所有功能和权限,实现远程监控,综合调度,并提供管理决策必要的依据,

采用 B/S 架构。通过调度中心大屏或手机客户端实时查看、指挥、管理现场施工，实现铺轨线路信息化、智能化管理。

授权手机端：支持移动办公，满足所有现场具备登录权限的管理及技术人员参与的条件。

机车车载端：上报机车实时信息、提供安全行车预警、延展司机视野、保持在线沟通。

施工现场端：采集现场数据并上报到调度指挥中心，存在安全隐患时进行报警提示。



Figure 1. Application distribution diagram of the system

图 1. 系统应用分布图

3. 运输调度管理系统建设需求

3.1. 系统软件需求

定制开发马东铁项目调度系统软件，软件系统由中心服务器软件、车载终端软件、调度及管理客户端软件(移动终端)三个部分组成。系统功能采用模块化开发，动态配置保证软件功能的可扩展性。结合项目实际需求，在管理中心软件界面应当详细显示马东铁项目铺轨工程建设相关信息，并能够中英双语展示。

3.2. 系统服务器需求

配置与系统相匹配的专业稳定数据与视频服务器。

3.3. 运输调度管理中心需求

马东铁项目设立专业的调度管理中心，配套显示大屏。软件平台在显示大屏上清晰展示调度系统各项功能，调度管理员根据系统权限，通过系统服务器收集系统信息、智能处理、做出相应反馈及指令，实现远程监控和综合调度。

3.4. 系统网络建设需求

调度系统的功能实现，需要保证系统各项数据的网络接入：在铁路沿线，保障机车端网络接入，机车数据的实时传输；调度管理中心与机车端、施工现场的网络实时通信；重要施工节点(隧道口、车站)的监测数据的稳定传输[5]。

3.5. 机车端需求

根据马东铁项目铺轨工程施工组织计划，铺轨工程各类轨行设备如长轨直铺机组、内燃机车、大型

养路机械等均实现机车端速度、定位、视频等各项数据的采集，机车端网络通信，保证机车与系统服务器的数据双向交互，机车端各项系统功能等。

4. 运输调度管理系统建设方案

4.1. 软件系统

运输调度系统的核心是基于使用需求而定制的系统软件，所有的功能展示都通过软件实现。马东铁项目所使用的运输调度管理系统，其数据通信采用 Restful WebApi + JSON 格式，分布式部署方式减轻了系统服务器的压力，数据存储采用 Redis 缓存和数据库结合的方式，提升了系统响应速度。身份认证和后台权限管理模块采用 OAuth2.0 方式，保障系统的数据安全。

运输调度管理信息系统，从以下五个层面实现调度管理(见图 2)：

1) 感知层。通过北斗卫星导航定位、车载视频、列车速度传感器、电子安全防护器等多种无线感知设备，获取施工作业、行车计划、人员定位、机车定位、速度监测等动态数据，经网络回传至数据中心服务器进行数据处理和分析。

2) 传输层。依托马来西亚当地无线网络、互联网及局域网，在传输层通过 HTTPS 加密传输，结合 OAuth2/JWT 实现身份验证，提供安全高效的信息数据传输通道，将采集到的数据信息安全、快速地传输到工程线调度系统，使调度中心与施工现场能够随时获取工程线轨行设备数据、声音和视频信息。

3) 数据层。实现静态与动态数据同步处理分析，其中静态数据包括里程表、坡度表、车站表、道岔表等，动态数据包括工程进度数据、轨行设备定位与测速数据、施工计划作业里程范围、安全防护区域、报警距离等。

4) 应用层。主要针对调度中心指挥人员、车站值班员、土建/房建/四电等单位驻站联络员和施工负责人，具备铺轨形象进度展示、各分部分项工程进度统计分析、施工与行车计划审批和安排、无线调度命令、全线虚拟地图绘制、轨行设备运行轨迹图绘制、工程线行车 7 大预警机制(超速报警、接近报警、接近铺轨尽头报警、施工防护报警、人员防护报警、长陡坡预警、道岔预警)、施工现场实时监控等功能。其中，铁路运输调度核心的施工计划编制系统，采用“深度排程算法”，通过该算法来实现工程线运输调度的最大资源利用，同时避免上线列车路径冲突，保障有效的安全距离。

5) 表现层。可通过局域网、互联网、移动网络访问，支持调度中心指挥大屏、车载显示器、手机、打印机等设备的访问和连接。



Figure 2. Software system architecture diagram

图 2. 软件系统架构图

同时，定制开发马东铁项目运输调度管理系统手机端 APP，见图 3。支持移动办公，提供安全生产作业人员全员参与的条件。根据使用人员的权限，提供移动管理功能。



Figure 3. Smartphone App interface
图 3. 手机 APP 界面

4.2. 运输调度指挥中心

4.2.1. 运输调度中心显示大屏

马东铁项目铺轨工程运输调度管理中心设置在东海岸关丹港站附近的铺轨基地内，调度中心内设计安装拼接显示屏 24 块，见图 4。中间 12 块(4 × 3)，用于展示调度系统平台软件，两侧各 6 块(3 × 2)显示铺轨基地、焊轨场、轨枕场、出入线等重点区域视频监控。



Figure 4. Picture of the Construction Railway Operation Control Center (CROCC) of the ECRL project
图 4. 马东铁项目调度中心实景图

4.2.2. 运输调度中心 UPS

为保证马东铁项目运输调度管理中心的稳定工作，铺轨调度中心配套 UPS (Uninterruptible Power

Supply), 220 V 外接电源作为主供电源, UPS 电池作备用电源。正常情况下主供电源向所有设备供电和补偿电池电量, 当主供电源异常时, UPS 控制器断开主供电源, 启动备用电源向设备供电, 外部 220 V 供电恢复后, 自动切换到外接电源。设计的调度中心所有设备最大功率 6000 W, UPS 保证调度中心正常工作 6 小时以上。UPS 配置参数: 单进单出主机 ct10ks 1 台; 12 V、120 ah 电池 32 节; 电池柜 2 个。

4.3. 系统服务器

数据平台使用马东铁项目专用的云服务器, 架设在马来西亚首都吉隆坡, 能充分保证数据网络传输与管理的实时性与安全性。视频管理采用在马东铁项目铺轨基地设本地视频服务器(见图 5), 保证视频数据传输和显示的实时性、安全性。

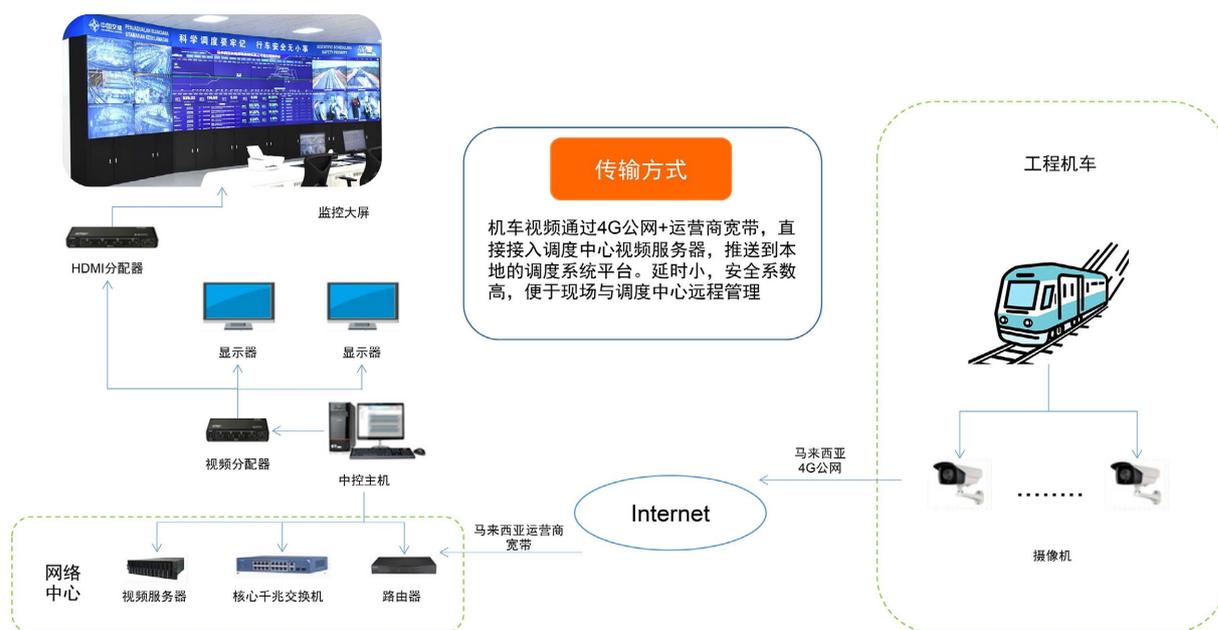


Figure 5. On-Premises video server system architecture

图 5. 本地视频服务器应用架构图

4.4. 系统网络

运输调度系统的功能全实现, 需要保证系统各项数据的网络稳定传输接入, 重点是机车在线路移动过程中的网络接入。使用专业的 4G 网络设备, 安装马来西亚 2 家主要运营商(MAXIS, CLECOM) 4G 卡, 马东铁项目沿线大部分露天区域, MAXIS 的网络信号与带宽比 CLECOM 较好, 项目实施选择使用 MAXIS 的 4G 网络。

针对隧道、雨林等信号较差地段, 通过安装基站实现网络稳定传输, 见图 6。

4.5. 机车车载端

机车端系统采集机车数据, 与调度管理中心通过网络, 实现网络通信, 数据互传、网络实时通讯, 见图 7。

- 1) 机车数据采集: 通过安装速度、定位、视频设备, 采集机车数据。机车采用北斗卫星 + 轮径测距的方式, 采集机车定位、速度数据; 通过摄像头, 实时监测线路前方, 监管机车驾驶室工作人员。
- 2) 机车端网络接入: 机车端安装集成 4G/无线的车载网络终端:

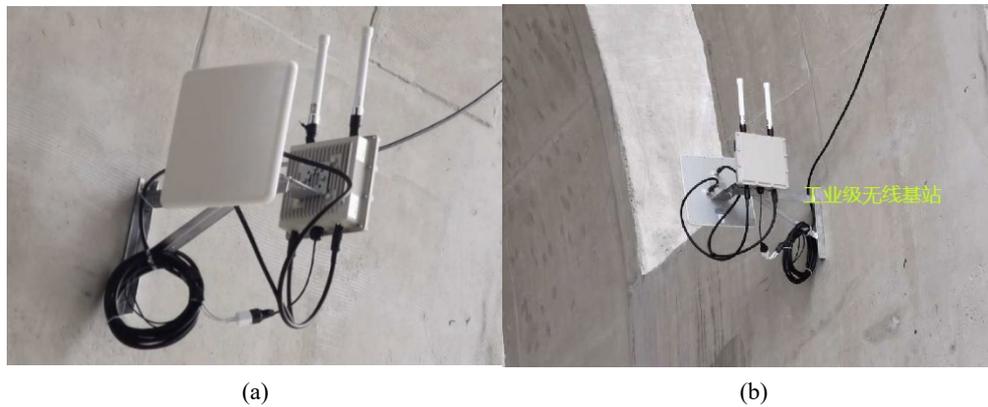


Figure 6. Equipment in the tunnel
图 6. 隧道设备安装图

机车行驶在空旷露天区域，通过车载无线终端的 4G 模块接入 4G 网络；机车行驶在长大隧道或架设无线局域网的露天区域，无 4G 网络信号，通过车载无线终端的无线模块接入自建的无线覆盖局域网；机车移动过程中，车载视频、测速、定位数据汇聚在一起，通过 4G 信号或无线覆盖网络，传输到广域网，再通过广域网将数据传输到系统服务器。同时，机车端人员可通过车载网络与远端网络通讯。

3) 机车端应用：机车端配备安装车载软件的工控一体机，接入机车数据与通过网络接收的系统数据，在一体机界面上显示车载端功能操作界面。

4) 调度中心应用：机车数据同步实时上传到服务器，作为调度系统的运行管理依据，调度中心可实时查看管理，从而提供安全行车预警、延展司机视野。出现突发状况时，调度中心与机车端报警同步，可通过管理系统信息双向交互，亦可通过网络通讯(语音对讲等)实现信息反馈。

5) 机车自组网防护：机车端与施工作业组配备自组网防护系统设备，提高行车安全，该设备不依赖 WIFI、4G 移动网络及其他局域网，传输车与车、车与施工区域之间的距离数据与报警信息，在离网状态下可正常工作。

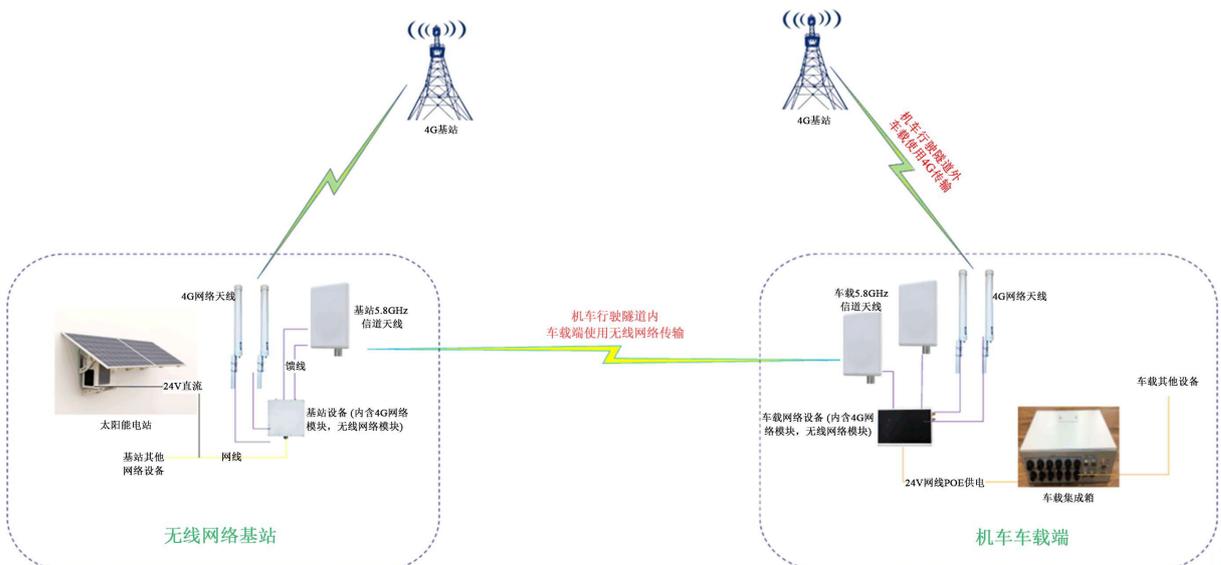


Figure 7. Locomotive edge data harvesting and transfer
图 7. 车载端数据采集及传输

5. 结语

在铁路铺轨工程施工中, 轨道运输调度系统是整个铁路工程线运输管理的核心, 特别是在我国“走出去”战略和“一带一路”倡议下承接的一些海外工程, 业主对施工安全管理的高标准要求, 也给轨道运输调度系统提出了更为严峻的挑战, 促使先进技术不断地融入到铁路运输安全管理中。依托工程线运输调度管理系统, 不仅能够使轨道运输管理的智能化、现代化程度不断提高, 符合时代发展的需求, 更重要的是, 通过系统管理, 实现铁路工程线运输组织规划、施工调度安排、行车安全预警及管理等的协调统一, 极大降低了海外铁路工程安全风险, 显著提高管理效率。

参考文献

- [1] 任正康. 铁路工程线行车事故致因分析与对策研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州交通大学, 2020.
- [2] 杨威, 鲍榴, 解亚龙, 刘红峰, 李飞. 铁路工程线运输调度管理信息系统设计与应用[J]. 铁道建筑, 2020, 60(7): 143-147.
- [3] 孙铁虎, 孙吉. 雅万高铁工程线施工安全管理与控制[J]. 中国铁路, 2023(12): 163-167+172.
- [4] 王伟. 信息化调度系统在铁路和城市轨道工程运输中的应用[J]. 运输经理世界, 2020(9): 73-74.
- [5] 孙铁虎, 孙吉. 雅万高铁工程线施工安全管理与控制[J]. 中国铁路, 2023(12): 163-167+172.