

3.1 加速铁路智能化的背景

铁路是国民经济大动脉,在推动经济和社会发展方面发挥着重要的作用。截至2023年11月底,中国铁路营运里程超过15.5万千米,其中高铁4.37万千米,并建成世界最大的高速铁路网和先进的铁路运营体系。

随着时代变迁和技术进步,铁路行业也在日新月异地发展,在跨过了工业时代、电气时代、信息时代之后,当前已经进入智能时代。智能时代最显著的特点是人工智能(AI)技术全面应用到了铁路行业之中,帮助铁路企业降本增效、优化体验、提升安全,全方位提升铁路企业的运营和管理能力。

3.1.1 铁路智能化背景与趋势

1. 发展现状

铁路行业智能化,是指通过应用现代信息化技术、人工智能技术、机器人技术等先进技术手段,对铁路的维护、管理、运营进行智能化的升级改造,提高铁路运输的效率、安全和体验。目前,铁路行业的智能化已经进行了一些积极的探索,并已经初步取得了一些成果,主要表现在以下几方面。

(1) 车辆运维智能化:车辆运维的智能化是指通过人工智能技术,对列车的养护检修进行智能化和自动化。例如,在货车领域,使用机器看图代替人工看图的TFDS,可有效降低人力投入,提高看图效率,类似的还有面向高铁动车组的TEDS(Trouble of Moving EMU Detection System,动车组运行故障动态图像检测系统)和面向客车的TVDS(Train of Passenger Vehicle Failures Detection System,铁路客车故障轨旁图像检测系统)。

(2) 车站智能化:车站智能化可以通过人脸识别、智能安检、实时监控等智能识别技术,提高车站的服务水平和安全性、应急处理能力,构筑现代化的车站管理系统,提升旅客的出行体验。

(3) 票务智能化:票务智能化是指通过应用先进的信息技术和服务手段,提高旅客服务质量和效率。目前,中国铁路已经实现了电子客票、自助售票、自助取票、在线购票等一系列票务智能化服务,12306也已经成为家喻户晓的铁路服务品牌。

(4) 行车智能化:行车智能化是指通过应用先进的列车控制和监控技术,实现列车自动驾驶、自动调度和自动控制。目前,中国铁路已经开展了一些列车智能化试点项目,如京

沪高铁自动驾驶实验、复兴号列车自动驾驶实验等。

(5) 货运智能化：货运智能化是指通过应用先进的物流管理和信息技术，提高货物运输的效率和安全性。典型的应用如货运自动编组站、货检 AI 自动识别等。

除上述客、货运以及车辆领域的一些探索外，中国铁路在建造施工、调度通信、信号控制、线路监测等领域也进行积极的尝试，铁路智能化发展已经成为铁路行业的重要发展方向，为铁路运输的高效、安全、舒适和可持续发展做出更大的贡献。

未来，铁路智能化的趋势是基于人工智能、大数据、云计算、物联网、机器人、智能装备等先进技术对铁路行业进行升级、转型和融合发展，实现铁路安全、效率、体验的大幅提升。按照业务的维度，包括以下几个重要的部分。

(1) 智能运营：通过广泛分布在全路的摄像机、雷达、传感器等边缘感知设备，实时采集车辆和路网数据，结合人工智能等技术，实现铁路网的实时监测，对列车、设备、乘客等的实时感知，故障提前预警和应急处理，提高运营安全和效率。同时通过人工智能、大数据等技术，实现铁路运输服务的个性化、智能化，提高用户体验和满意度。

(2) 智能建造：广泛采用工程机器人、无人机、卫星数据、各种智能化施工装备等技术，实现铁路工程的智能勘察和自动化、智能化施工和管理，降低成本、提高质量和效率。

(3) 智能装备：通过人工智能技术，结合铁路装备运行监控、设备故障预测、安全风险评估等智能化应用，实现铁路运输装备的智能化管控和维护，提高设备的可靠性和稳定性。研究新型的信号系统和调度模式，实现铁路装备的全自动化运营，包括列车自动驾驶、车站自动化管理、设备自动维护等。通过简化接触网技术、新型的牵引供电变电和调度技术，实现牵引供电的智能化。

2. 政策背景

为了推进铁路智能化建设，中共中央、国务院、发展和改革委员会、中国国家铁路集团有限公司(以下简称“国铁集团”)等出台了一系列政策和规范。2021 年，国家陆续发布《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《国家综合立体交通网规划纲要》《“十四五”数字经济发展规划》。在国家数字经济战略要求下，以数据资源为关键要素，以现代信息网络为主要载体，以信息通信技术融合应用、全要素数字化转型为重要推动力，加速开展铁路行业的数字化、智能化建设提出新的更高要求。

国铁集团围绕信息化、数字化、智能化发展，陆续发布以下相关规划文件。

(1) 《数字铁路规划》：2023 年 8 月，国铁集团发布了《数字铁路规划》，力求实现铁路业务全面数字化、数据充分共享共用、智能化水平不断提升，为实现铁路现代化、勇当服务和支撑中国式现代化建设的“火车头”，提供数字化和智能化发展新动力。

在《数字铁路规划》中，国铁集团首次提出了两个平台体系(数字基础设施、数据资源体系)，六个现代化体系(工程建设数字化、运输生产数字化、经营开发数字化、资源管理数字化、综合协同数字化、战略决策数字化)，两个数字关键能力(铁路数字生态治理、铁路数字技术创新)，两个发展环境(铁路数字安全保障、铁路数字领域国际合作)，系统提出了对云

和 AI 等技术应用的规划和诉求。

(2)《“十四五”铁路网络安全和信息化规划》《“十四五”铁路科技创新发展规划》《中国铁路集团有限公司“十四五”发展规划》:2021年6月,国铁集团发布了《“十四五”铁路网络安全和信息化规划》,提出了未来5年铁路行业信息化的发展目标和重点任务。明确了对数字平台的诉求,包括云、AI等技术的规划和要求。具体包括:一套一体化的铁路现代信息基础设施,6个业务应用(战略决策、资源管理、运输生产、建设管理、经营开发、综合协同),两套体系(网络安全体系、信息化治理体系),三个业务能力(客户服务能力、生产经营能力、开发共享能力)。2021年12月发布《“十四五”铁路科技创新发展规划》,2022年9月发布《中国国家铁路集团有限公司“十四五”发展规划》,相关规划指出,在智能高铁技术体系框架1.0的基础上,面向智能铁路2.0技术发展目标,着重围绕智能建造、智能装备、智能运营等应用场景持续深化关键技术创新,加大5G、大数据、物联网、AI等现代技术与铁路融合赋能攻关,深入开展赋能技术和智能系统的研发应用,完善智能铁路成套技术体系、数据体系和标准体系,塑造智能铁路技术发展领先新优势。明确智能高铁2.0的内涵和代际特征,提出智能高铁体系架构2.0,规划智能高铁2.0的重点任务,对于指导“十四五”期间智能高铁的高质量发展极为必要。综合而言,规划为铁路行业信息化的发展提出了明确的目标和任务,有助于推动铁路行业信息化建设的快速发展,提高铁路行业的服务水平和运输效率。

(3)《新时代交通强国铁路先行规划纲要》:2020年7月,国铁集团发布了《新时代交通强国铁路先行规划纲要》,该规划纲要提出了以下几方面的内容。

- ① 建设高速铁路网,提高铁路运输速度和效率。
- ② 加强铁路货运能力,推动铁路货运与物流业的融合发展。
- ③ 推动铁路科技创新,加强铁路智能化建设。
- ④ 加强铁路安全管理,提高铁路安全水平。
- ⑤ 推进铁路改革,深化铁路运输体制改革。
- ⑥ 加强铁路国际合作,推动“一带一路”建设。

通过相关政策、规划的实施保障,中国将进一步提高铁路运输的效率和安全性,促进经济发展和社会进步。这些政策文件的发布,提出了具体的目标和落地措施,为中国铁路的智能化发展指明了方向。

在国外,各个国家和地区也都进行了铁路智能化的探索和规划。例如,欧盟委员会的Shift2Rail科研计划,欧洲一体化运输发展路线图,德国铁路股份公司的铁路数字化战略(铁路4.0),法国国营铁路公司的Digital SNCF(Digital Société nationale des chemins de fer français,数字法铁),瑞士联邦铁路公司的SmartRail 4.0,JR东日本铁路公司的智能铁路战略等。

欧盟还发布了《2030年铁路研究和创新优先事项》,明确了未来欧洲铁路行业的发展方向,提出基于“系统支柱”和“创新支柱”的创新方案,系统支柱为欧洲铁路系统开发一个系统性架构,创新支柱包含9个转型项目,旨在输出满足欧洲铁路系统化转型愿景的技术和运

营解决方案。

德国铁路与联邦交通部签署了“铁路数字化战略”合作协议,该协议是德国政府为提高铁路安全性、减少列车晚点和提高运输效率而推出的计划。该计划的目标是在未来几年内将德国铁路系统数字化,并将其与其他交通运输系统和数据网络相连接。

在日本,已开始研发“超级智能列车”,计划于2030年前投入运营。这种列车将采用先进的传感器技术和高精度地图,能够实时感知周围环境和路况,自主决策并执行列车运行任务。此外,该列车还将配备高速无线通信技术,能够实现列车与基础设施之间的实时数据交换和通信。

3.1.2 铁路智能化面临的问题与挑战

铁路行业智能化是未来发展的必然趋势,但在具体的实施过程中面临着诸多问题与挑战。

(1) 技术和工程的挑战:相对于其他行业,由于保障运输安全的需要,铁路行业对智能算法的要求高到近乎苛刻的程度,重大故障要求100%能检出,不容许存在遗漏;与此同时,铁路车辆等设备本身非常精密和复杂,零部件众多,又缺少重大故障的样本,背景环境复杂多变,导致AI开发困难重重,难以在短时间内就取得非常明显的效果。

(2) 投入和成本的挑战:AI智能化开发是一个高成本、密集人力的活动,所需投入的资金和人力较大。同时,AI智能化开发也是一项高科技的开发活动,对基础设施如网络通信、数据存储都有较高的要求,基础设施的更新改造很多时候也是必须要考虑的一个问题。对铁路企业来说,如何平衡成本和投资效益也是一个重大的挑战。

(3) 人才培养与转型的挑战:智能化带来了新的技术和工作方式,对人员也提出了技能转型升级的需求。对铁路这类传统的行业来说,如何培养具备新技术和智能化思维的人才实现智能化的关键,也是当前面临的一个严峻的挑战。

综上所述,铁路行业智能化面临诸多问题与挑战,不可能一蹴而就,需要铁路企业、供应商和社会各方共同努力,寻找合适路径和方案,才可能最终实现铁路行业的智能化。

3.1.3 铁路智能化的参考架构和技术实现

基于2.1节行业智能化参考架构,结合铁路行业的实践总结,华为提出了铁路智能化参考架构,如图3-1所示。

智能感知层:智能感知层处于最边缘,一般分布在铁路轨旁和车站段车间。该层最主要的职责就是获取实际的物理场景信息,并转换成数据以供上层进行处理,是铁路物理世界和数字世界的连接点。常见的感知层设备有高清相机、视频摄像头、各类传感器、X光机、智能机器人等。

智能联接层:智能联接层主要的功能是实现数据在整个铁路系统的各模块之间相互传输互通,是将各设备连成一个整体的重要部分。常见的联接层设备有铁路传输网、铁路数



图 3-1 铁路智能化参考架构

据通信网、铁路无线网、Wi-Fi、微波等。

智能底座：智能底座是指铁路智能化系统最重要的训练和推理设备，主要包含 AI 芯片，如昇腾 Atlas 系列 NPU 处理芯片和集群（算力），以及为支持进行 AI 训练和推理所必要的存储设备（存力）和网络设备（运力）。当前主流应用的算力设备有昇腾 Atlas 系列 NPU 芯片，存力主要是高性能的存储服务器，运力主要是数据中心网络，如 CE 系列交换机。

智能平台层：智能平台层主要是指铁路云平台，铁路云平台包含集团/路局/站段三级，是承载智能化业务和其他上层业务的基础，一些重要的功能，如智能化的训练、推理、大数据也都承载在这一层。华为铁路解决方案可以很好地满足这一层的需求。

AI 大模型/算法层：AI 大模型/算法层是铁路行业智能化的最重要组成部分，人工智能技术主要分布在这一层中。华为的 L0 盘古大模型，具体到行业的 L1 盘古铁路大模型都分布在这一层，同时也支持天筹求解器和其他的第三方大小模型和算法的融合，构建一个整体开放的架构。

智能应用层：智能应用层是行业的各种业务，国铁集团规划的智能建造、智能装备和智能运营包含的业务都属于这一层，这一层是实际给行业创造价值的地方，也是用户实际接触和体验的地方。

华为盘古铁路大模型依托于华为从 AI 硬件芯片到应用层 AI 应用工具端到端整体的解决方案能力和技术积累，为铁路各细分场景提供更高、更快、更强、更精准的解决方案，如图 3-2 所示。



盘古铁路大模型，为铁路智能化而生，覆盖越来越多的业务场景



图 3-2 铁路大模型解决方案

3.2 铁路智能化价值场景

铁路智能化，场景是关键，选择典型、合适、有价值的场景，关注“车、机、工、电、辆”多专业存在的痛点，保障铁路运输安全和畅通，是铁路智能化项目能够成功的首要前提。基于国铁集团提出的铁路智能化全景，如图 3-3 所示，华为和业界一起进行了很多有意义的探索和尝试，下面列举一些铁路行业的典型智能化应用场景。



图 3-3 铁路智能化场景全景图

3.2.1 TFDS(货车运行故障动态图像检测系统)

1. 业务场景与需求

铁路货运是经济发展的“晴雨表”，展现着经济发展的活力与实力。中国拥有近 100 万辆货车，是平时人们所乘坐动车组数量的数十倍，因此铁路货车行车安全非常重要。多年来，铁路车辆部门立足科技保安全，研制、应用、推广了一系列先进的货车安全监测设备及系统，其中，TFDS 是非常重要的系统之一。该系统利用高速相机拍摄列车底层、侧部照片，通过图像判断部件故障，如图 3-4 所示，有助于提高列检作业质量和效率，提高车辆安全防范的水平，在保障铁路货车运行安全方面发挥了积极巨大的作用。

目前，全国 TFDS 系统每天拍摄上亿张图像，主要依赖人工作业，工作强度大、效率低，人力投入大。AI 技术可以实现 TFDS 货车故障图像从人工识别转向智能识别，减少人工作业量。原本一列货车需要人工查看 4000 余张图片，经过 AI 识别后，可以过滤掉 95% 以上的无故障图片，人工只需对少量故障预报图片进行复核，作业效率大幅提升。

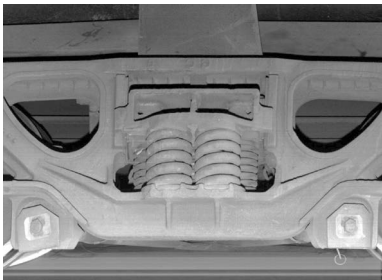


图 3-4 货车故障图像示例

2. 智能化解决方案

华为 TFDS 货车故障图像智能识别解决方案总体架构，如图 3-5 所示。

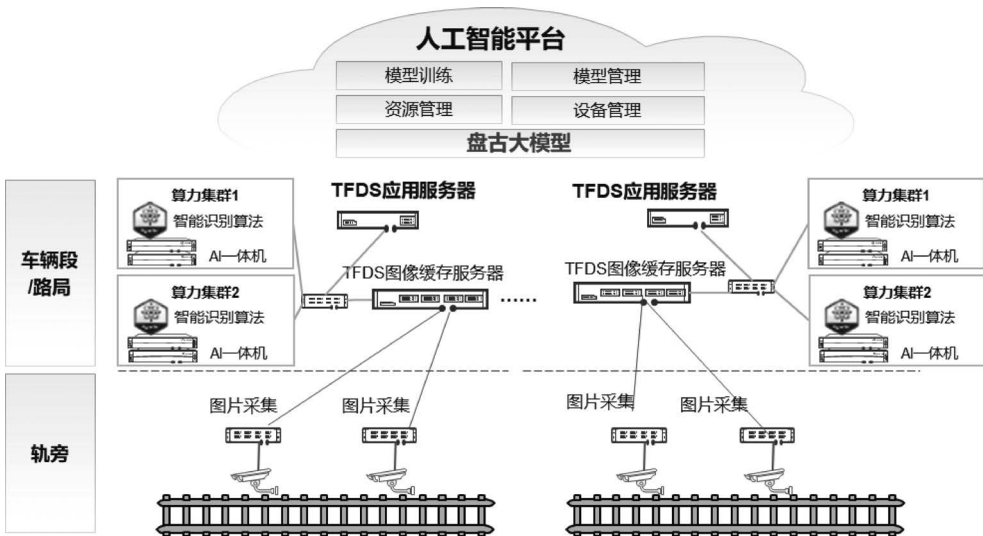


图 3-5 TFDS 解决方案总体架构

在人工智能平台，基于盘古铁路大模型进行算法训练以及调优。盘古铁路大模型为华为 TFDS 解决方案提供技术先进性的保障和支撑，基于数十亿级参数的 CV 训练模型，可以极大降低算法训练周期，提高算法的迭代速度和准确度。华为 TFDS 解决方案通过深度学

习网络和大量数据样本,自动总结部件特征,自动寻找故障规律,并在实际试用中持续改善分析效果。针对车型多、故障类型多、样本分布不均衡、干扰因素多等问题,方案采用自适应增强检测算法、数据增强、图像重构、不均衡识别器等技术,实现从整体到局部再到故障特征全量精细识别,如图 3-6 所示。

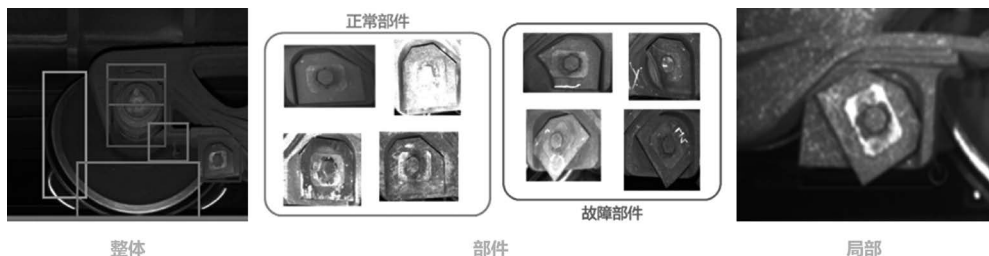


图 3-6 全量精细化识别过程示意图

先进行整图分析,定位和识别所有部件,分析大部件丢失(如摇枕弹簧丢失)、异物等故障;再根据故障部件样本,算法自动抽象总结异常特征,进行异常样本的初步筛查;最后识别关键特征(如部件间角度、间距等),结合故障标准输出故障(如锁紧板移位、手把关闭等)。

在车辆段或路局机房部署算力集群,通过铁路内部局域网连接到 TFDS 图像缓存服务器,获取过车图像数据,进行模型推理,识别故障图片。并将识别结果上传到作业平台,供人工确认复核。

另外,可支持两个算力集群,根据过车任务实现动态资源分配,以解决铁路货车过车不均匀、列车高峰密集到达作业量突发等问题。

3. 落地效果

华为 TFDS 解决方案支持-2/-3 两种类型的探测站设备拍摄的图像,车型适用率在 95%以上,覆盖 307 类《铁路货车运用维修规程》故障以及 100 多类 TFDS 可视范围的其他故障,覆盖更全面,关键故障接近零漏报。

通过 AI 识别,无故障图片剔除率达到 95%,辆均误报故障数小于 4,大幅减少了人工看图工作量,极大地提升了工作效率。华为 TFDS 解决方案可以 7×24h 高精度不间断工作,大大减轻了动态检车员的工作压力。

3.2.2 TEDS(动车组运行故障动态图像检测系统)

1. 业务场景与需求

铁路运输安全关系到人民群众生命财产安全,关系到铁路科学发展大局,甚至关系到国家稳定与社会和谐。多年来,铁路车辆部门立足科技保安全,研制、应用、推广了一系列先进的车辆安全监测设备及系统,率先建成“货车运行安全监控(5T)系统”并投入全路应用。近些年来,随着国家高铁技术的成熟与发展,越来越多的动车组投入旅客运输。为保障动车组运行安全,通过借鉴 5T 系统成功的运用管理经验,2013 年,铁路部门成功研制了动车组运行故障动态图像检测系统。

TEDS 是利用轨旁摄像装置采集传输运行动车组车体底部、侧部裙板、连接装置、转向架等可视部位图像,采用线阵图像采集、3D 成像、图像识别等技术自动对比分析发现故障并报警,实现对动车组底部及侧部可视部件状态监控的系统。系统组成包括探测站设备、动车段(车辆段)监控中心设备、铁路局监控中心设备、铁路总公司查询中心设备及网络传输设备等。

TEDS 拍摄图片需动态检查人员开展人工分析确认,TEDS 推出的自动报警信息误报率高,人工确认作业强度高,易出现错报漏报故障的情况。作业现场急需研制一种误报率低、识别率高的 TEDS 动车组故障图像智能识别系统,实现机检替代人工作业,提高作业效率,降低工作强度,进一步保障动车组行车安全的目标。

为解决上述难点和痛点,对现有的 TEDS 系统的作业模式和智能分析模式进行整合,形成全新的总体架构部署方案,达到人检与机检互为补充,从而实现当前运用管理智能化程度的全面提升,提高动车组车辆故障分析的智能化水平,确保在车辆故障精准分析的同时,减轻检车人员的工作负荷,提高效率,达到提质增效的目标。

2. 智能化解决方案

TEDS 作为数字化动车段业务之一(如图 3-7 所示),华为基于机器视觉、深度学习,利用盘古大模型优势,打造支持转向架故障的 TEDS 智能识别解决方案。

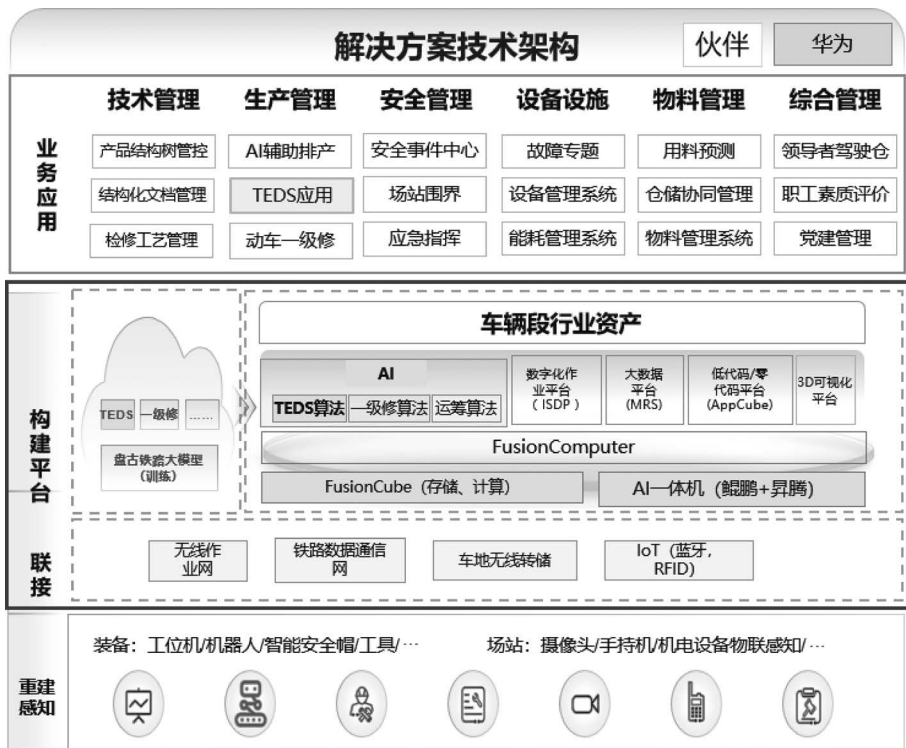


图 3-7 TEDS 智能识别解决方案技术架构

1) 使用深度学习技术

深度学习是一种机器学习技术,可以用于模拟人脑的神经网络行为,在大规模数据的基础上,以比传统机器学习算法更高的准确度解决实际问题。方案使用深度学习技术来分析图像中的内容,实现故障自动识别和分类。

2) 计算机视觉

计算机视觉是指有机地组织信息,获得在图像中计算机可查看的相关信息。本方案使用计算机视觉技术,结合深度学习,实现图像的识别和分析,提取出图像中的细节。

3) 智能识别大模型

大模型相比于小模型参数量更多,网络更深、更宽,通过吸收海量的知识,可提高模型的泛化能力,减少对领域数据标注的依赖。

解决方案能力如下。

- (1) 适应速度: 适应动车组速度 5~250km/h。
- (2) 图像传输速度: 8 编组动车组整车通过后 5min 内完成图像及自动识别报警传输。
- (3) 线阵图像分辨率: 线阵图像采集模块分辨率小于 1mm/px。
- (4) 严重故障不漏报,一般故障识别率大于 70%。

3. 落地效果

提升安全保障能力: 动态检车员依靠个体经验积累,故障发现能力参差不齐,对故障判断尺度不一,易出现故障漏检、误检。TEDS 动车组故障图像智能识别系统 7×24h 处于稳定、可靠工作状态,完全按照故障识别标准检测并预报故障,智能识别范围基本覆盖了动车组运用中对安全影响较大、现实中可能发生的严重故障,可实现严重故障不漏报,对保障铁路动车组行车安全、保障铁路运输安全,全力护航社会稳定和高质量发展大局,具有很好的社会效益。

降低劳动强度、促进经济社会健康和谐发展: TEDS 动车组故障图像智能识别系统投入运用,动态检车作业人员从原来确认整车全量图片改变为只需对系统预报的故障进行确认,极大地减轻了动态检车作业人员的分析工作量,可有效改善当前工作负荷高、劳动强度高、工作压力大的现状,对于促进经济社会健康和谐发展具有现实意义。

3.2.3 动车组一级修

1. 业务场景与需求

随着动车组的不断增多和运行里程的增加,铁路特别是高铁运营维护成本也面临着更大的压力。在维修维保技术方面,当前还是靠人工检修为主,成本较高、人力耗费多等问题需要通过新技术、新装备来解决,通过智能化运维,逐步实现少人乃至无人检修段所。

2. 智能化解决方案

在前端使用巡检机器人携带可伸缩机械手臂使用高清摄像头进行拍照,因此可以调整角度,从各个方向对转向架进行拍摄。机器人拍摄照片后,通过无线网络传回数据分析室,由推理分析服务器对照片进行分析,生成报告和修理建议后传递给一线班组进行修理,如

图 3-8 所示。

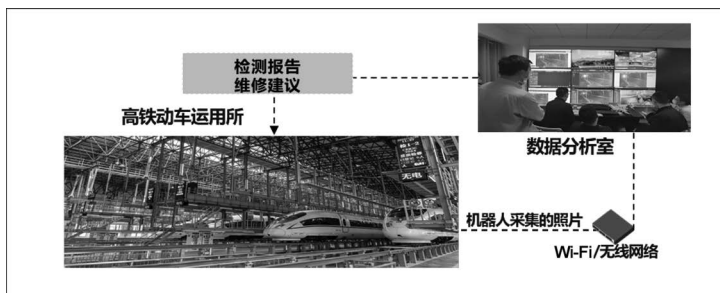


图 3-8 高铁动车组一级修智能图像识别方案示意图

该方案具有如下特点。

(1) 高铁动车组一级修对 8 大类型的故障——异物、丢失、松动、超限、断裂、变形、厚度测量、表面损伤做到全覆盖,覆盖检修规范中定义的故障和常出现的故障。

(2) 对故障的识别率高,当前一线测试对常见的故障已经识别到 96%,并还可以进一步提高。

(3) 具备激光视觉导航定位、多模态融合诊断、高低位安全避障、机械臂防碰设计,具有设计精巧、可靠性高的特点。

3. 落地效果

根据不同的模式,为客户提供不同的价值:人机共检模式下,人检和机检双重保障,提升高铁检修安全等级;人机交检模式下,人工和机器交互检测,能有效减少人力投入,提升检修效率。在总体上,使用机器代替人工进行检修,有效缓解夜间人工作业,降低劳动强度,提升了工作体验。

3.2.4 数字化动车段

1. 业务场景与需求

随着动车组列车的逐年递增,以及中国高铁网的持续运营,动车检修任务也逐渐加大。动车段/动车所是动车组检修站,专门针对动车组列车进行检查、测试、维修和养护等作业,随着中国高铁的飞速发展,动车检修任务与日俱增,急需先进的技术实现生产管理效率的提升。动车组检修体系以走行(千米)周期为主、时间周期为辅共分为 5 个等级,其中,一级修、二级修统称运用修,三到五级修统称高级修。一级修,检修内容为上线前的快速例行检查、试验和故障处理;二级修,检修内容为周期性深度维护保养、检测、试验:轮轴探伤、车轮镟修等;三级修,检修内容主要为转向架、牵引电机的分解检修、功能确认;四级修,会对重要系统进行分解检修;五级修,会将整车全面分解检修、升级改造。

当前的检修模式以人工管理为主,技术、计划、生产、物料等各自为政,系统架构存在硬编码及数据孤岛问题。主要表现为系统硬编码,无法柔性化定制;人工计划制订,效率低;系统面向单功能,未协同;海量数据未实现治理和分析。需要推进动车检修全链条的数据

资源集聚共享,构建覆盖动车组维修计划、作业、物料配送、检修设备等全生产要素数字化作业。

2. 智能化解决方案

数字化动车段解决方案如图 3-9 所示,为动车段搭建站段边缘节点,通过华为低代码/零代码开发平台 AppCube、数字化作业平台 ISDP(Integrated Service Delivery Platform,集成服务交付平台)构建动车检修生产管控系统,通过华为大数据平台构建动车检修生产数据分析系统。



图 3-9 数字化动车段解决方案

动车检修生产管控系统实现了动车组生产检修的全数字化作业,功能涵盖技术结构化管理、生产计划及执行过程管理、物料协同管理、综合经营管理等。可支持产品结构树、结构化文档、检修工艺全要素管控,按需灵活变更;检修计划、股道使用计划分钟级一键生成;检修生产执行过程实现可视、可控、可分析;仓库管理、物料管理、物流管理与检修生产计划及实际执行紧耦合协同;现场作业与人力资源闭环量化管理。

基于动车检修生产数据分析系统,通过数据治理和构建业务指标体系实现业务数据化,通过构建数据分析模型实现数据业务化,如将仓储、物料、物流与检修计划数据打通并进行关联挖掘,利用 AI 算法对采购高低线进行优化,有效提升了备料的准确性;将修程修制、产线作业、设备故障、动车组故障与作业人员关联分析,挖掘故障根因,提升关键部件的检修效率,故障根因分析从天级降到分钟级。

3. 落地效果

实现动车检修的业务协同和数据价值挖掘:以技术结构化为基础、以 AI 算法引擎为工

具,实现了“计划生成、任务下发、物料配送、工步指引、质量卡控、记录形成”等全流程、全要素的管理,指导现场严格按标作业,实现安全质量双达标。可支持低代码/零代码开发应用,降低开发门槛。基于大数据平台实现数据汇聚治理,提升数据质量。构建指标体系和数据分析模型实现数据价值挖掘,达成数据驱动业务。

3.2.5 光视/雷视周界防护

1. 业务场景与需求

1) 铁路周界环境复杂,防护困难

铁路运行面临很多安全威胁,包括人员、动物的入侵,天气和地质灾害的影响。原有普速铁路基础简陋、周界缺乏安全设施,现在各国开始建设规划高铁线路,线路运行工况多,运行间隔短,缓冲空间小,周界防护难。

2) 人防、物防效率低,效果不理想

人防需求人员多,巡逻工作量大,以巡逻为主,不能全天候监测。物防以隔离为主,难以防止和监测人员攀、爬、翻等侵入。

3) 传统技防各有优势,但也各有缺陷

振动光纤、红外对射、电子围栏等技防手段不能解决各种干扰条件下的准确率问题,不能满足全天候、低误报、近零漏报的需求。

2. 智能化解决方案

华为铁路周界入侵探测方案采用多维感知技术,适应多场景要求。

1) 雷视方案

在开阔路段,推广毫米波雷达+视频融合的方案,通过雷达有效探测运动目标(人),联动智能球机自动跟踪目标,二次复核后产生告警数据(告警消息+图片)上报给统一报警平台,联动声光报警器输出,实现“全天候、全区域、零漏报、低误报”的周界安全防护解决方案,确保线路运营安全,如图 3-10 所示。

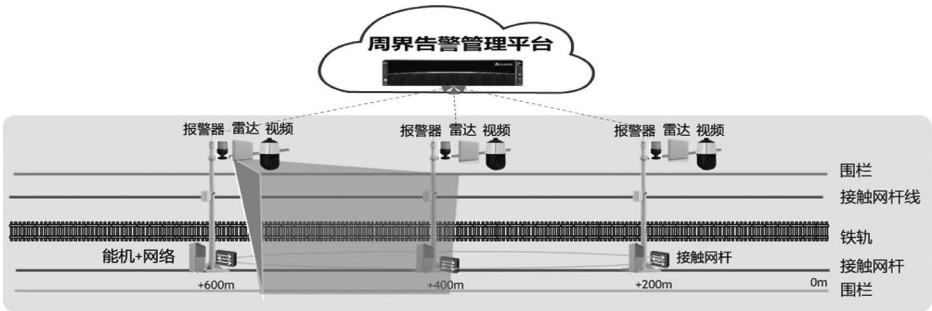


图 3-10 雷视方案

雷视方案亮点如下。

(1) 雷视融合智能视频二次复核,降低误报、减少漏报。

雷达 200m 远距离探测入侵目标,同时联动球机自动变倍跟踪,用基于深度学习的检测

算法判断是否有行人、动物入侵,并联动声光报警。

(2) 深度学习算法更精准。

雷达在雨雾、夜间低照度场景有效探测距离为 200m,采用背景学习算法,抗环境干扰能力强,可减少漏报。华为 SDC(Software Defined Camera,软件定义摄像机)支持深度学习人型检测算法,可降低误报。

2) 光视方案

针对围栏周界场景的光视方案,其技术要点如下。

光: 光纤传感是以光纤为载体,光信号为媒介,“感知”并“传输”外界振动变化信息的新型传感技术。其功能类似人体的“感觉神经”。

视: AI 机器视觉。

通过上述两种感知方式的融合,实现更精确、更智能的周界防护告警。

光视方案的业务流程如图 3-11 所示。振动光纤识别入侵动作信号,通过摄像机复核,确认告警,并可以由实时视频检查现场,所有告警在管理平台进行处理和统计分析。

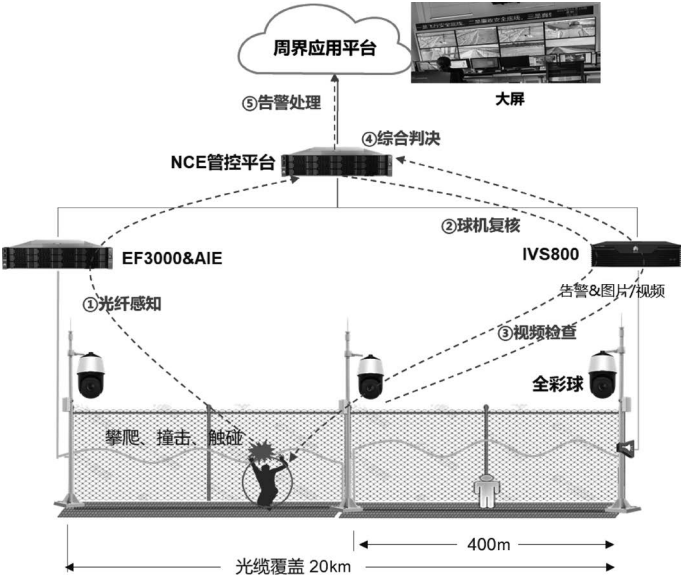


图 3-11 光视方案的业务流程

光视方案的亮点如下。

(1) 光纤传感距离远(单设备单纤 50km),不产生也不受电磁干扰,无供电要求,光纤寿命长(20 年)。

(2) 高可靠指标: 低漏报($\leq 1\%$),低误报(≤ 1 次/km/天),报警平均响应时间 $\leq 5s$,入侵告警定位精度 $\leq \pm 5m$ 。

(3) 抗干扰: 能够在强风、中雨自然环境条件下支持入侵检测;对于中小型车辆和小动物干扰(小于 20kg)能够进行抑制。

总结: 基于振动光纤传感+智能视频的周界全天候防护系统的融合方案能更准确地识

别出风雨等环境干扰,实现全天候、全覆盖、长距离、零漏报、极低误报、高精度定位精度及事件快速响应,降低运维难度及成本,提升智能防护水平,全面保障铁路运营安全。

3. 落地效果

华为周界方案融合多维融合感知技术,实现周界全天候、全域的安全预警与处置,实现的效果如下。

业务安全:周界安全不可知、不可见、不可控,通过技术防护手段,实现周界入侵的实时自动报警,视频远程联动处理与处置,使铁路线路安全远程实时可感、可检测、可见、可管,极大保障铁路安全。同时周界入侵告警系统还将极大提升工人的工作环境舒适度,提高员工工作体验。

经济价值:铁路工务需要巡道5次/月,每次至少5人/组,其中两人是周界防护,每组管理大约20km。通过周界入侵报警系统,可以远程监测周界情况,实时监控,并且减少周界防护巡检人员。周界入侵报警系统可以实时告警入侵事件,早发现行车安全隐患,极大降低安全事故和经济损失。

3.2.6 线路巡防

1. 业务场景与需求

全国15万千米以上的铁路,沿线安装了大量的视频监控设备,但只是解决了视频看得见和看得清的基本功能,不具备视频分析看得懂的能力,需要人工现场巡查以及监控中心人员24h不间断地盯控、及时发现沿线的异常事件。铁路网覆盖全国东西南北,环境复杂,给沿线巡防的人员也带来较大的工作挑战。

铁路边坡溜坍、滑坡、泥石流以及人员和动物入侵等异常事件频发,给铁路运行带来了严重的安全隐患。国铁集团和相关部门对铁路沿线的安全防护非常重视,一直在探索人防、物防、技防“三位一体”的防护手段,但智能化的“技防”方式一直受制于技术的发展水平,难以得到大规模应用。人工智能算法的发展以及硬件算力的持续提升,为解决这一行业难题提供了可行的方向。基于铁路沿线既有庞大数量的摄像机,结合强大的智能分析算法和算力设备,可实现对沿线的各类入侵事件进行全面、实时、智能分析,及时发现安全隐患并通知相关人员快速处置,更好地保障列车运行安全。

2. 智能化解决方案

华为基于全面自主研发的智能计算、存储、网络等硬件设备,以及人工智能算法、盘古大模型等软件能力,提供铁路线路环境安全监测平台建设需要的软硬件产品。在中心侧,华为可提供智能分析服务器、通用服务器、视频存储、网络、安全以及人工智能平台、算法模型等产品;在边缘侧,华为有不同的边缘智能分析设备、云边协同管理软件、边缘智能分析算法模型等。通过“云边结合”的基础底座能力,加速铁路线路环境安全监测平台的落地。整体方案设计架构如图3-12所示。

上述方案设计基于“云边协同”的目标架构,在“边缘节点”部署视频AI分析边缘智能计算节点及配套的管理软件、算法模型等,通过从现网综合视频监控系统获取实时的RTSP

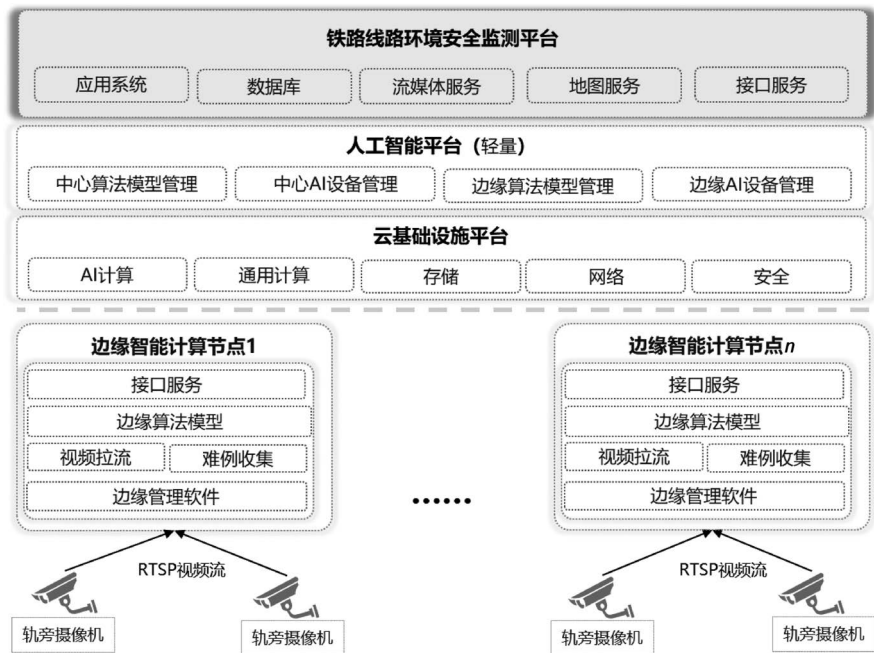


图 3-12 整体方案设计架构

(Real Time Streaming Protocol, 实时流协议) 视频流进行 AI 分析, 并将发现的异常事件及对应的图像上传到中心平台。中心平台的智能分析算法及应用, 对边缘上报的事件进行二次分析和复核, 实现对闲杂人员、大型动物、落石、泥石流、水漫线路等异常事件的实时智能监测和预警。

3. 落地效果

华为联合某铁路局集团, 成立了联合创新课题组, 在高铁运营线路上开展了为期一年左右的技术探索, 期间累计进行了上千次的模拟人员、异物入侵事件, 充分验证了上述基于视频 AI 的铁路线路巡防智能化方案的可行性。课题方案成功克服了铁路线路巡防场景样本少、目标小、干扰多、环境杂等 AI 图像识别的世界难题, 在攻关过程中算法精度不断提升, 高铁线路现场环境模拟测试的综合检出率达到了 95% 以上。

基于视频 AI 的铁路线路巡防智能化方案, 一方面可以对线路环境实现 $7 \times 24\text{h}$ 全面监测, 减轻现场巡防人员的压力; 另一方面, 通过视频 AI 的实时分析与预警功能, 可以解决后端巡防人员“肉眼”看视频面临的“看得累、看不全”等问题, 可大幅提升线路巡防的工作效率, 降低安全隐患。

3.2.7 智能客站

1. 业务场景与需求

智能客站的建设主要关注旅客服务、安全应急、运行效率三大领域, 当前客站建设及管

理主要有如下需求。

1) 车站安全态势不清楚

(1) 视频监控不智能,乘客异常行为无法自动感知。缺少对重点区域旅客异常行为(如站台两端越出安全线、进出站通道逆行、滞留等行为)的智能分析,不能及时保护旅客因自身行为不恰当带来的安全隐患。

(2) 电梯等机电设备状态无法集中控制,多数设备依靠人工巡视巡检,效率低,并且容易遗漏。

2) 安全管理效率低,安全事件难闭环

受控受检区域管理不直观,交接班管理靠口头传达,车站运行态势难感知。当前模式下,车站客流分布情况、进站和购票排队情况、重点部位(电梯、楼梯、站厅、站台)旅客行为监控仍需要人工管理、人工报告。

3) 重大事件预警预告难,联动应急机制不足

车站旅客大客流、列车晚点等应急事件多发,应急响应靠口头报告,信息丢失严重,现场情况看不见、听不着,无法实时感知人员、物资、设备的位置,应急处理难协同。

应急指挥主要靠传统电话、电台方式,工作效率较低,需要大量的人力进行现场确认。例如,2021年5月1日,京广高铁定州段接触网被农用塑料地膜悬挂,致接触网(向动车供电的输电线路)故障停电,造成京广高铁动车晚点到达北京西站。车站工作人员仅靠传统应急手段难以快速反应,面对复杂态势,急需有力的应急指挥手段辅助。

4) 巡视及处理效率低,工作量大,漏报频发

铁路客站设备种类和数量繁多,在给客运服务效率和旅客满意度带来提升的同时,也增加了设备运维管理的难度,由于对运营需求的研究缺失,目前客站各类设备的运营管理普遍存在以下现状。

(1) 缺乏有效的统一管理手段。对实际需求没有规范梳理,缺乏规范的运营管理制度,无法有效保证设备的合理化使用,且效果不理想。

(2) 信息化、智能化管理工具不健全,无法实现高度的自动化运行,大部分设备的运管仍靠人工管理,且缺乏专业的运营维护技术人员,使管理水平得不到有效提高,并使运营维护的人工成本成倍增加。

5) 能耗居高不下,粗放控制,无区域及联动控制,无智能预测能力

(1) 据统计,特等站平均年能耗超5000万元,一等站年能耗超1200万元,空调用能占绝大多数。

(2) 车站既有能耗管理手段少,车站客运部不关心能耗,支出部门无抓手。

国家双碳战略提出2030年碳达峰、2060年碳中和,对各级政府和企业提出了降碳要求,而铁路车站是典型能源消耗场所。铁路车站暖通系统空调占车站60%~70%的用电能耗,大多数场景对空调依靠手动设置开关、设置站台/站厅温度,控制不够智能和精准,能源效率优化空间巨大。

6) 客站边缘侧服务器多且分散,造成较大资源浪费

按现有方式,客站边缘侧需部署接口服务器、数据库服务器及应急服务器等多台设备,各服务器分开部署,仍属于传统烟囱部署方式,存在计算、存储资源浪费,建设及运维成本高。

2. 智能化解决方案

智能客站整体解决方案分为 4 个层次,分别为感知层、联接层、支撑层以及智慧应用层。4 层相辅相成,共同支撑客站的数字化。方案架构如图 3-13 所示。



图 3-13 智能客站整体解决方案架构图

(1) 感知层由客站的作业设备和站内基础设备组成,作为终端控制、作业执行的触手,构成了智能客站的执行层。

(2) 联接层由 6 张网络构成,分别为客票网、旅服网、弱电物联网、办公网、Wi-Fi 网络以及安防网。6 张网络按照安全策略实现隔离以及按需互通,连接了执行终端和智慧平台以及应用。

(3) 支撑层为智慧应用提供基础设施以及基础能力的支撑,包括基于云化架构的底座,为应用提供稳定可靠的计算和存储资源。同时,基于基础设施之上构建了多样化的基础能力。

① 统一认证: 实现各信息化系统统一入口,在统一门户首页进行统一呈现,实现单点登录。

② 统一集成能力: 实现系统和系统之间,设备之间,不同协议之间的互联互通,实现客站内外数据 and 信息的交互。

③ 大数据能力: 构建数据湖,实现数据治理,积累价值数据,充分发挥数据的价值。

④ 融合通信: 实现视频会议、监控设备、执法记录仪、手持机、手台等多频段设备的互联互通,统一通信。

⑤ AI 算法: 提供后端的视频分析能力,实现排队长度、人群密度、入侵检测等多样算法能力,灵活接入前端摄像头进行分析。

⑥ 物联网关：管理和控制多样的终端传感器,包括显示屏、传感器等物联设备。

⑦ 定位导航：定位引擎支持基于 Wi-Fi、5G、蓝牙等多种定位能力,提供实时的人员和位置信息。

⑧ 数字化作业：依靠数字化作业平台,实现作业的数字化编排、自动排班、作业过程管理和记录等工作,卡控工序,保障安全。

⑨ 3D 可视化：基于客站的建筑信息、位置信息,实现 3D 建模,通过和物联网和大数据的结合,实现“实景孪生”。

(4) 智慧应用层：面向员工、旅客、管理者提供丰富的应用服务,通过 PC 端、大屏端、手持设备端等提供展示和处理界面。

3. 落地效果

某全真数字孪生系统及实时效果如下。

1) 态势感知

结合旅客、列车实时到发数据,以及站房内外机电设备状态信息、摄像机视频、网约车、出租车等多元异构数据,集中在数智底座平台汇总处理并统一呈现在 IOC(Intelligent Operation Center,智能运营中心)指挥大厅。

2) 设备运维

与既有 BAS(Building Automation System,楼宇自动控制系统)对接,实现车站冷热水泵、给排水、空调、电梯、照明等信息与车站实时客流互动。

3) 应急指挥

基于融合通信的应急指挥,多网多终端融合,全面提升应急指挥效率。实现 6 种通信方式的融合(铁路电话、窄带、宽带、公网手机、综合视频、视频会议),以管理车站中心远程指挥周边小站(视频监控、手持台、视频会议等音视频远程回传)、路局外(如医疗、消防、应急等)专家资源协同;应急预案数字化管理代替文字预案管理。

4) 场地巡检

客站内部多路视频,按需发放算法,实现传统人工巡检路线采用视频 AI 巡检,降低人员巡检工作强度,提升效率。

3.2.8 货检 AI

1. 业务场景与需求

随着铁路货运量逐年增长,对货运效率和货运安全提出越来越高的要求,亟待提高货运信息化水平。作为铁路货运流程的重要环节,货检作业对于提高货运周转效率和保障运输安全至关重要,因此受到越来越多的关注。

目前,货检作业存在作业需求大而实际作业能力有限的矛盾,主要挑战有:在人工作业方面,货检作业需面对高温、严寒、粉尘等恶劣工作环境,货检员平均年龄为 45~50 岁,采用 24 小时/4 班倒的工作制度,人员老龄化、工作强度大、工作环境恶劣;在机检作业方面,目前机检项点识别范围有限,识别率低、误报高、易漏检,智能识别仅具备辅助作用,无法达到

实用水平。

综合铁路一线站段对货检业务的反馈,铁路部门期望货检视频检测设备由“辅助”走向“主导”,做到货检图像高识别率且低误报,将出发场作业改为机检为主模式,提升货检效率和质量,改善工作条件,实现降本增效。

2. 智能化解决方案

面对机检作业图像识别率低、仅具备辅助作用、难以改变出发场人工高强度作业的问题,引入铁路行业大模型赋能传统货检作业,提升货运安全保障智能化水平。总体架构如图 3-14 所示。

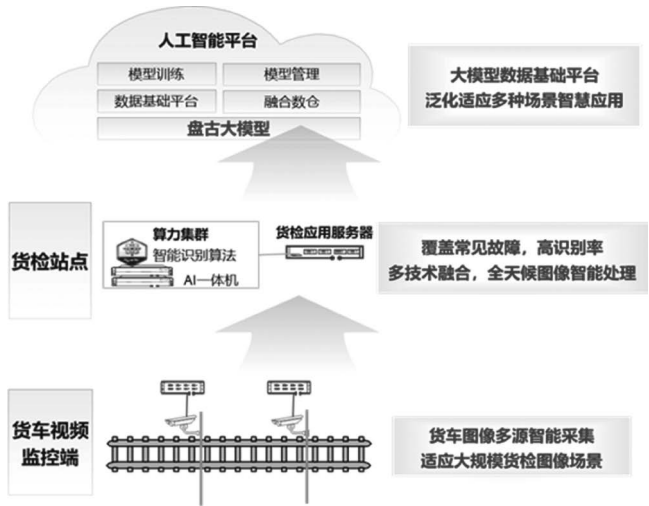


图 3-14 货检 AI 解决方案架构

(1) 在目前机检设备布设方案的基础上,进一步论证货检项点的分布和图像质量要求,部署货车图像多源智能采集设备,适应大规模货检图像场景。

(2) 货检 AI 解决方案通过图像识别、深度学习等多技术融合手段分析大量货检数据样本,总结问题项点特征,自动寻找货检图片规律,并在实际试用中持续迭代改善分析效果。

(3) 构建人工智能平台,基于盘古铁路大模型进行算法训练以及调优。盘古铁路大模型为货检 AI 解决方案提供先进算法支撑,基于数十亿级参数的 CV 训练模型,可以极大地降低算法训练周期,提高算法的迭代速度和准确度。

3. 落地效果

货检 AI 解决方案能够替代人工快速发现货物装载问题,7×24 小时高精度不间断工作,可以大幅减轻人工看图压力,解决出发场人工作业痛点,实现减员增效,提高作业效率。

3.2.9 供电 6C 检测

1. 业务场景与需求

供电系统作为现代铁路非常重要的一个部分,其稳定性和可靠性对铁路运行的安全性

和稳定性具有重要的影响。现代铁路供电系统主要包括接触网、变电所、配电系统和供电设备等。铁路供电系统的主要功能是为铁路牵引、信号、通信、照明等设备提供稳定的电力供应。接触网是铁路供电系统的重要组成部分,它是通过电缆和支架悬挂在铁路上方,为行驶的电力机车提供电力。变电所则是将高压电力转换为适合铁路使用的低压电力,同时还可以对电力进行监测和控制。配电系统则将电力输送到各个需要用电的设备上,供电设备包括牵引变压器、牵引逆变器、直流母线等,如图 3-15 所示。



图 3-15 铁路供电系统接触网

高速铁路供电安全检测监测系统(简称 6C 系统)包括高速弓网综合性能检测装置、接触网安全状态巡检装置、接触网运行状态检测装置、接触网悬挂状态检测监测装置、接触网与受电弓滑板监测装置、接触网及供电设备地面监测装置,具体内容如表 3-1 所示。

表 3-1 供电 6C 系统检测的具体业务内容

类别	名 称	简称	检测的主要内容和功能
1C	高速弓网综合性能检测	CPCM	主要检测弓网的运行状态,包括磨损情况、接触导线高度、弓网接触力、离线火花、拉出值、电压、电流、硬点(冲击加速度)
2C	接触网安全状态巡检	CCVM	接触网的巡检状态,包括桥、隧道、周边环境、支柱、附加线、补偿装置、分段绝缘器、定位装置、电分相、绝缘子等关键部件的状态和外观
3C	接触网运行状态检测	CCLM	列车运行时接触网的接触状态,包括接触导线高度、接触区 and 环境温度、摩擦电弧、拉出值等
4C	接触网悬挂状态检测监测	CCHM	接触网的悬挂状态(高度 4500~8100mm)和部件的几何状态(物理状态):定位器、定位管、定位管的支撑、平腕臂、斜腕臂、绝缘子、防风线、接触线、吊挂、承力索等部件和周边环境以及异物(如鸟窝、气球等)
5C	接触网与受电弓滑板监测	CPVM	主要检测接触点和受电弓滑板的技术状态,主要检测点是接触点、受电弓、滑板的彩色高清图像
6C	接触网及供电设备地面监测	CCGM	地图牵引变电所供电设备的运行状态,包括张力、振动、太升量、位移等参数

6C 检测中,2C(接触网安全状态巡检)和 4C(接触网悬挂状态检测监测)当前都是采集了大量的图片和视频,然后传回后方的供电段图像检测分析室,通过人工看图的方式来分析接触网的故障。存在人力需求大、人工看图工作量大、夜晚疲劳工作存隐患等痛点问题,并且随着中国高铁里程不断地增加,这些问题也越来越突出,急需智能化的解决方案,用机器看图来替代人工看图,有效减少人力投入,提升检修效率。

2. 智能化解决方案

当前业内有不少企业已经在这方面进行了探索,应用人工智能 AI 技术,用机器看图代替人工看图,能有效减少人工投入,提升整体看图效率。

3.2.10 列车轴承 PHM

1. 业务场景与需求

走行部是指机车车辆下部引导车辆沿轨道运行,并将机车车辆的全部重量传给钢轨的部分,由轮对、轴箱油润装置、侧架、摇枕和弹簧减振装置等组成。开展列车走行部 PHM (Prognostic and Health Management,故障预测与健康管理)研究,重点关注核心轴承、轮对部件及轮轨关系,保障列车走行部承载支撑、运动转换等重要能力。列车走行部示意图 3-16 所示。

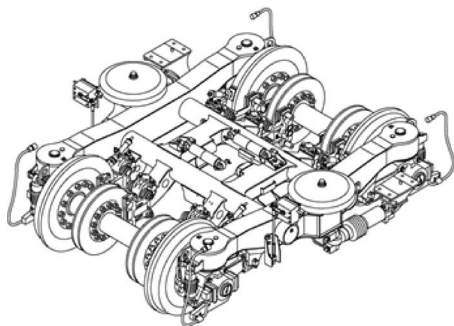


图 3-16 列车走行部示意

铁路工况复杂、列车频繁加减速、运行密度高、持续运行时间长、线路复杂、轨道状态不统一、地域温湿差异大,且车轮多边形/踏面擦伤/车轮扁疤/钢轨波磨等原因造成轮轨关系恶化,导致轴承承受的工况复杂,轴承故障率相对较高,故障轴承的累计使用里程根据运行工况相对随机,甚至有时远小于检修周期。

现有 5T 轨旁监测系统 中的 TPDS (Track Performance Detection System,货车运行状态地面安全监测系统)、TADS (Trackside Acoustic Detection System,货车滚动轴承早期故障轨旁声学诊断系统)和 THDS (Track Hotbox Detection System,红外线轴温探测智能跟踪系统)能够较好地实现对车轮和轴承故障的监测和预警功能,对保证车辆运行安全起到了至关重要的作用。但部分报警车辆扣修后发现为监测系统误报,以及在车辆段修程作业中仍发现部分轴承损伤和轴承异音卡滞等故障时未报警,这说明 5T 地面监测设备对车轴和轴承存在漏判和误判问题。

THDS 为非接触式的红外探测系统,在接收轴承的红外线辐射时,附近的其他热源对探测结果有一定的干扰,特别是车轮热辐射对 THDS 探测结果影响较大,通过运行实验数据对比分析发现,轮温升高对轴承内探温升影响较大,当轮温超过 300℃ 时,轴承内探温升受其影响超过 15℃,易造成“假热轴”的误判情况。

TADS 主要利用设在轨道两侧的麦克风阵列系统采集机车车辆通过时产生的声音信

号,然后通过信号滤波等处理单元对采集到的声音信号进行离线分析,从而识别列车轴承的工作状态。然而,受其测量方式的影响,该类系统的诊断性能受以下因素的制约。

(1) 列车以较高速度通过时,麦克风阵列采集的轴承声学信号会因多普勒效应产生声谱畸变。

(2) 单个麦克风采集到的声学信号可能包括多个轴承的耦合信息产生声谱混叠。

(3) 采集的轴承声学信号中包含较强的轮轨噪声、气动噪声等干扰,信噪比较低。

这些因素极大地影响了故障诊断与定位的可靠性,导致误报、漏报率较高。相对轨边检测系统而言,车载监测系统发展较晚,但其准确性更高、实时性更强,近年来逐步受到轨道交通行业的关注,车载系统相对于轨边系统的主要优势可以概括如下。

(1) 传感器距离监测的轴箱轴承位置更近,拾取的健康状态信息更直接,更有可能诊断出早期故障和实现定量诊断。

(2) 可以持续地对轴箱轴承的健康状态进行跟踪,积累轴箱轴承全生命周期的数据,为轴承的使用性能演化规律研究提供数据支持。

2. 智能化解决方案

如图 3-17 所示,根据不同制式列车(动车、机车、货车)的通信能力特点与线路网络条件,提供以下主要无线解决方案场景。

方案一:车辆内的传感器与网关进行无线连接形成星状独立组网,车辆间 Mesh 组网,所有传感器数据汇聚在机车车头,通过 CMD 系统(China locomotive remote Monitoring and Diagnosis system,中国机车远程监测与诊断系统)或独立 LTE/5G 通道统一回传数据到地面,该方案的优缺点如下。

优点:可以在机车车头进行实时深度模型故障诊断,降低了安全风险,可通过站段 Wi-Fi 或 5G 公网高速落地,对沿路线路网络依赖小,数据定时回传基本不会丢失。

缺点:若车辆动态编组会造成 Mesh 路由较复杂,可能会造成数据传输风险,需提供断线重连能力。

方案二:车辆内星状独立组网,每辆车的网关通过 LTE(Long Term Evolution,长期技术演进)/5G 公网独立回传数据到地面。该方案的优缺点如下。

优点:适用场景广泛,动态灵活编组都适配,每辆车辆相对独立,网络架构简单稳定。

缺点:受沿路线路网络依赖大,有时会出现回传时间长的问题,影响故障诊断时效,车载深度故障诊断分析能力较弱。

华为端网边云 PHM 技术架构支持以上两个网络方案。

如图 3-18 所示,本架构的目的是打造低成本、数据可信度高的车载在线安全监测系统,通过无线组网及传输减少部署成本,且增加了方案灵活性和扩展性;通过自适应、自管理能

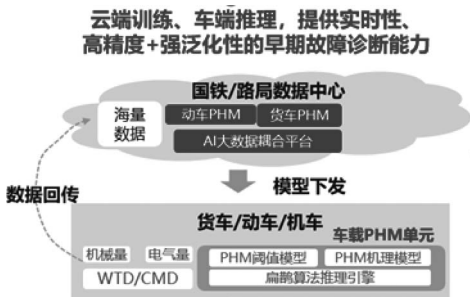


图 3-17 车内无线组网的解决方案拓扑

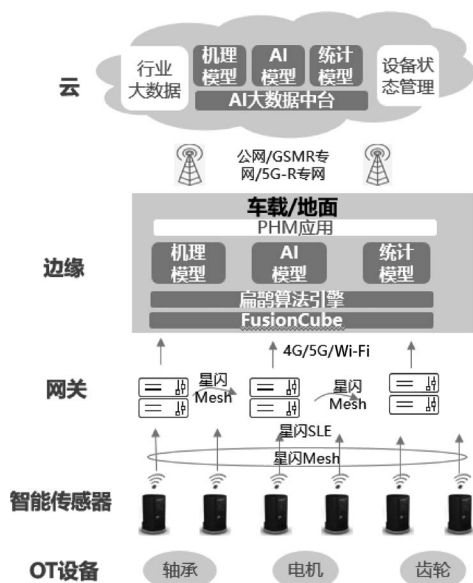


图 3-18 华为端网边云 PHM 技术架构

力,达到传感器自身维护成本极低,且提高可靠性及稳定性;通过高质量信号、稳定无线传输及融合 AI 算法,达成走行部轴承、轮对等关键部件全生命周期的振动信号频谱可信度高,及诊断数据可信度高的要求,为业务在控制安全风险、降低段修运维成本以及延长部件使用寿命等方面提供高可信度数据,有效支撑业务达成降本增效目标,其主要技术优势如下。

(1) 自研频响范围大(可达 11kHz)、量程大(最大 100g)、灵敏度高(大于 50mV/g)、噪声密度低(不大于 $25\mu\text{g}\sqrt{\text{Hz}}$)的加速度计芯片,且支持双轴采集,信号采集质量高。

(2) 通感算一体智能传感器,支持自标定、自补偿及自校准,可降低自身维护成本,及保持信号长期高精度及稳定性。

(3) 多维特征工程的信号处理算法,删除无效数据及冗余数据,减少 90% 数据量,降低功耗,以及增强无线传输效率及稳定性。

(4) 大带宽、高信号接收灵敏度、低功耗、低时延的星闪无线传输技术及端网协同,使得无线传输稳定性 $>99.99\%$ 。

(5) 可结合预测性维护大模型算法,漏报率 $<1\%$,误报率 $<8\%$,强泛化性(适配时间 <1 个月)。

3. 落地效果

- (1) 开展铁路货车车载 PHM 通信传输技术验证。
- (2) 开展基于历史高频振动信号进行算法验证。

3.2.11 智能机务

1. 业务场景与需求

机车车载安全防护系统(简称 6A 系统)是针对机车的高压绝缘、防火、视频、列车供电、制动系统、走行部等设计安全的重要事项、部件及部位进行监测、上报的系统,6A 系统通过 CMD 系统中的无线网络将数据回传至地面进行进一步分析。

6A 系统中的视频文件占比最高,每个交路(含段内作业)产生视频约 30GB(假设每台机车 7 路摄像头,平均每小时产生 2GB 视频),受限于 CMD 系统无线传输瓶颈(Wi-Fi 2.4G 速度慢,CMD 升级节奏慢),当前主要依赖人工通过 U 盘复制至地面进行人工分析。人工频繁插拔 U 盘容易造成机载设备损坏、文件丢失、病毒感染等问题。

机车安全运行,关系着管理水平及安全能力的提升,而要保证机车安全运行,机车乘务员的行为操作至关重要。当下机务段普遍采用人工复检车载视频的方式检查乘务员违规

作业问题,而由于每个机务段每天产生出的车载视频数量巨大,机务段只能采取抽检的方式。人工抽检的方式导致数据分析效率低下,而且无法做到全面覆盖,对机务的运用留下了安全隐患。另外,对于机车乘务员的管理和评价,缺乏科学、客观的数据支撑,对于司机出退勤、报单等管理,还需要大量人工操作,需要尽快提升数字化、智能化能力。

2. 智能化解决方案

智能机务场景化解决方案如图 3-19 所示,包括进段后的车载数据自动转储、车载 6A 视频数据与 LKJ(L“列车”K“控制”J“监视”)的智能分析和评价、TCMS(Train Control and Management System,列车控制和管理系统)和车载走行部数据的专家诊断和维修建议,覆盖机务运安、整备、检修三大核心业务,为机务的工作效率和安全管理水平的提升提供了有力支撑。



图 3-19 智能机务场景化解决方案

方案采用了 5G、AI、大数据等先进 ICT 技术,并与实际的业务场景进行深度融合,可大大提升工作人员的工作效率,实现机务工作的数字化、自动化、智能化。

3. 落地效果

某机务段当前专职 4 人负责 6A 视频的人工分析(计划再投入 15 人对 6A 视频数据进行人工分析),人工分析主要采用抽检的方式,当前视频抽检率低于 20%。

采用视频智能分析系统后,实现视频全量分析,智能视频平台 1min 即可完成 15min 视频的分析(根据当前的配置,如果提高算力,可缩短时间)。6A 智能分析系统自动输出分析报告,当天所有机车的视频可当天分析完成,及时对司机行为进行综合评价,相对人工分析,整体效率提升 60 倍以上。

3.3 铁路智能化实践

3.3.1 AI 提升 TFDS 智能分析效率

1. 案例概述

某车辆段 5T 检测车间共有 80 个检测工位,每天要完成数万多辆货车、近 300 万张图片的检查任务,每人每天平均要处理 1.5 万张。随着货车车辆不断提速重载,这对车辆运行

安全构成严峻复杂的挑战。因此,迫切需要智能分析手段来提高铁路故障识别准确率,提升动态检车员的工作效率。

2021年11月,国家铁路集团货车事业部把TFDS故障图像智能识别项目作为国家铁路集团第一批科研计划“揭榜挂帅”课题,指定该5T检测车间和华为公司等参研单位共同研究,联手推进TFDS故障图像智能识别项目。课题成立后,华为组建了包括多名算法博士、AI领域首席科学家在内的顶级技术团队,在相关部门的指导和支持下,联合伙伴,多次深入作业现场,锁定了AI技术应用在车辆故障图像识别中的几个关键难题。

(1) 标准不统一:不少图像介于故障和非故障之间,故障定义和判定标准不统一,影响智能识别系统的准确性和一致性。

(2) 故障类型多:铁路货车常见车型有60多种,涉及400多种故障,故障形态多样,难以穷举。同时,故障之间还存在复杂的因果和关联关系,增加了开发难度。

(3) 样本分布不均衡:实际中重大故障发生概率低、样本数量较少,轻微或者无故障的样本数量较多,样本不均衡,影响图像识别模型的学习效果。

(4) 干扰因素多:铁路货车运行时会受到光照、雨雪、背景等环境干扰因素的影响,会导致图像中出现噪声或模糊,容易造成误报或漏报。

为解决上述问题,基于5T车间职工团队在故障分类、判断方式等方面的业务指导,华为联合伙伴探索出完整的可复制的TFDS货车故障图像智能识别解决方案,并在实际应用中取得良好的效果。

2. 解决方案及价值

华为TFDS解决方案支持-2/-3两种类型的探测站设备拍摄的图像,车型适用率在95%以上,覆盖307类《运规》故障以及100多类TFDS可视范围的其他故障,覆盖更全面,关键故障无漏报。

在该车间已完成集中部署小规模试点,相比独立部署,资源利用率提升30%。在部分算力故障的情况下,TFDS智能识别业务可正常开展,系统稳定可靠。

通过AI识别,无故障图片筛除率为95%,辆均误报故障数小于4,大幅减少了人工看图工作量,极大地提升了工作效率。华为TFDS解决方案可以7×24小时高精度不间断工作,大大减轻了动态检车员的工作压力。2022年年底疫情期间人员到岗大幅减少,借助该方案,该车间依然可以高效识别故障图片,保证车辆段正常运转。

3. 总结与展望

如今的中国铁路,不管是在路网规模还是在装备水平上,都处于全球领先地位。华为TFDS解决方案的使用推动了铁路从传统作业向数字化转型,极大地提高了列车检修的智能化水平,节约了数千万运营成本,促进了从“肉眼看图”向“智能识别”的转变。借助华为TFDS解决方案,在效率提升的同时,大幅减轻了动态检车员的工作强度,也带来了全新的生产组织方式,实现了智能化和信息化作业形式,取得了一系列实践成果。

展望未来,除了TFDS货车故障图像智能识别场景外,AI图像智能分析技术可在更多领域发挥重要价值。例如,在动车TEDS、客车TVDS等相似场景,同样可利用AI代替人

工看图；在动车运用所，AI 图像智能分析结合巡检机器人，可实现对动车的智能机检；在编组站、货场等运输站段，利用 AI 图像智能分析技术可实现远程货检。AI 图像智能分析技术未来将广泛应用于铁路的各个场景，提升铁路智能化水平。

3.3.2 采用 AI 和光视二维感知重塑铁路周界安全

1. 案例概述

南非铁路拥有悠久的历史。早在 1860 年，南非开普敦就修建了第一条铁路。到 1910 年，南非便建成覆盖全国的铁路网络。目前，南非铁路里程达 38000 多千米，拥有非洲最发达的铁路系统。

随着时间推移，城市化快速扩张，人流量剧增所带来的治安复杂等因素，铁路沿线的非法占用、各种盗窃事故导致铁路财产损失的事件时有发生。据 2021 年统计数据，南非铁路被盗 1000 多千米电缆，铁路公司平均每个月遭到 600 余起盗窃和破坏事件，且部分区域站点的设备丢失率高达 60%，严重影响铁路正常运营。每年南非需要投入大量成本来重建和恢复基础设施，确保铁路系统核心资产和运营安全。

围界作为铁路系统与外界隔离的第一道安全屏障，担负着保障铁路安全运行的重任，因此，南非某客运集团领导近年来尤为关注周界系统的安全性和准确性。考虑到围界的周边存在植被、行人以及风、雨等复杂环境的干扰，加之南非气候多变，沿线设备易受风、雨、雪、雾等影响。传统单一技防手段如振动电缆、微波对射等受到限制较多，存在误报、漏报多等风险。围界系统需具备更高的准确率。

通过对铁路现状的勘察与研究，结合华为的智能光纤传感、视频 AI 等业界领先技术，华为提出光纤振动与视频 AI 融合感知的方案（以下简称光视联动方案）。方案将光纤振动与视频 AI 两种感知方式取长补短，相互协助，更好地满足提升周界防护水平。

光视联动方案的系统包含光视联动算法系统、视频管理平台、集成地图，完成预警事件的检测、上报及确认，真正实现铁路围界安全系统的业务闭环。

系统框架图如图 3-20 所示。

2. 解决方案及价值

南非某客运集团结合各种围栏类型，实现分布式光纤传感+视频监控+交换机+UPS 等产品的部署，实现全线入侵监测和告警。同时，在系统侧对接 GIS（Geographic Information System，地理信息系统）在线地图，实现图形化网管，快速入侵定位。

现场施工方案如图 3-21 所示。

该方案通过多维智能感知设备识别，校验入侵事件振动波纹，智能过滤干扰事件，联动智能球机自动跟踪入侵目标，进行二次复核，最终可实现漏报率 $<1\%$ ，误报频次 <1 次/（千米·天），可抵抗大风、暴雨等自然环境的强干扰。

整体方案具备如下亮点。

（1）**看得全**：增强 ODSP（Optical Digital Signal Processing，光数字信号处理）模块，有效信号采集率提升至 99.9%。

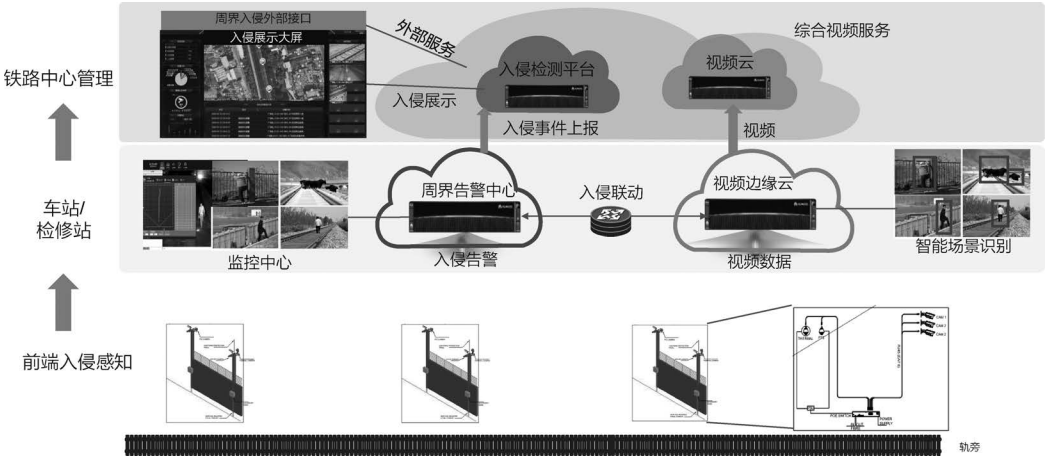


图 3-20 系统框架图

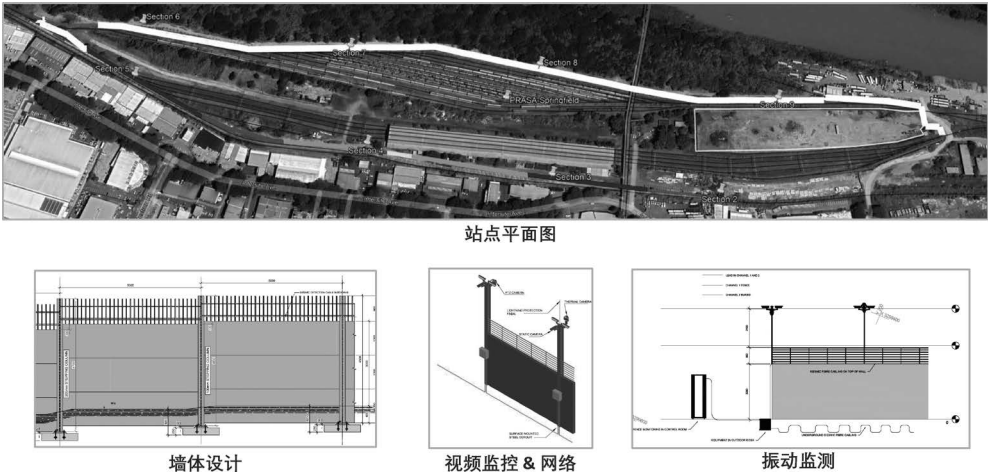


图 3-21 现场施工方案示意

- (2) 识得准：独有特征识别算法，抗干扰，告警准确率提升 90%，告警误差 $\leq 10\text{m}$ 范围。
- (3) 远覆盖：距离远(单设备单纤 50km)，不产生也不受电磁干扰，无供电要求。
- (4) 多识别：能够对全段围栏范围内 10 个以上的人员攀爬、翻越、破坏围栏等触网式的实质性入侵行为进行检测和上报。

3. 总结与展望

该光视联动方案可以适应多种场景，全天候全区域监控，具有超低误报漏报率，实时检测铁路周界的安全状况，可以有效地降低安保人员巡检压力，降低运营成本。因此，下一步可将此方案应用于全线铁路周界保护。

未来，华为将持续助力南非圆铁路现代化之梦，保障铁路大动脉的畅通，高质量完成铁路数字化转型工程。推动行业标准，让铁路生产更加安全高效，让乘客出行更加便捷畅通，

助力南非铁路驶入数字化“快车道”。

3.3.3 莫桑比克 CFM 开创基于 FRMCS 架构的铁路运营通信改造典范

1. 案例概述

莫桑比克面向印度洋,背靠非洲腹地,拥有马普托、贝拉和纳卡拉等大型港口,港内有 9 条铁路线分别通向南非、斯威士兰、津巴布韦和马拉维等国,是内陆各邻国进出口货物的主要交通途径。此外,莫桑比克有着丰富的海洋资源,其中,钽矿储量居世界之首,煤储量超过 150 亿吨,这意味着智慧高效的铁路运输将不仅能增强该国与外界的互联互通,更能改善其自然资源经济转化效率,进一步带动该国经济发展。与此同时,随着莫桑比克采矿业的快速发展,对铁路运输效率和安全调度提出了巨大的挑战,现有的公共通信网络已然无法满足需求。

为此,CFM(Portos e Caminhos de Ferro de Moçambique,莫桑比克国家铁路与港口公司)提出将老化的通信基础设施进行升级,建设随业务需求增长、持续稳定的现代化通信系统,实现可靠的车地语音和数据通信。

针对 CFM 的诉求,华为为其量身打造了 FRMCS(Future Railway Mobile Communication System,未来铁路移动通信系统)综合调度通信系统项目,该系统采用先进的融合通信平台,提供 MCX(Mission Critical Services-MCX,关键任务服务)无线宽带集群通信和多媒体调度通信两大服务,支持 LTE 下的全 IP 化的通信网络,实现关键通信业务及丰富的多媒体调度业务。同时支持功能码、紧急呼叫等铁路特定业务功能,为调度人员、机车司机及运输指挥参与者带来全景可视、可控的调度指挥,有效提高行车指挥、运营运维等的运输安全及生产效能,极大地减少以往因通信技术落后,信息传递不及时、有误而导致的火车相撞、铁路维修人员伤亡等安全事故情况的发生。

解决方案框架如图 3-22 所示。

2. 解决方案及价值

莫桑比克 CFM 公司是一家在非洲区域内领先的交通运输公司,一直十分重视运输安全、效率,本次项目的建设目标一方面是通过建设先进的铁路通信网络来帮助 CFM 提高车速增加运力,同时提升铁路运营效率并减少安全事故;另一方面是支撑 CFM 铁路加速数字化转型,提升 CFM 集团信息化管理水平。

该项目采用 FRMCS 架构的无线通信方案设计,依据线路优先级多期执行。一期项目部署于 Ressano Garcia line(莫桑-南非国际线),二期项目部署于 Goba line(莫桑-斯威士兰国际线)和 Sena line(莫桑-马拉维国际线)。

现场施工方案如图 3-23 所示。

实施方案如下。

- (1) 中心侧部署核心网、调度台、监控中心、网管平台等。
- (2) 铁路沿线部署 FRMCS 基站、微波链路、配套站点电源和铁塔。
- (3) 火车上部署车载台 Cabradio、手持终端。

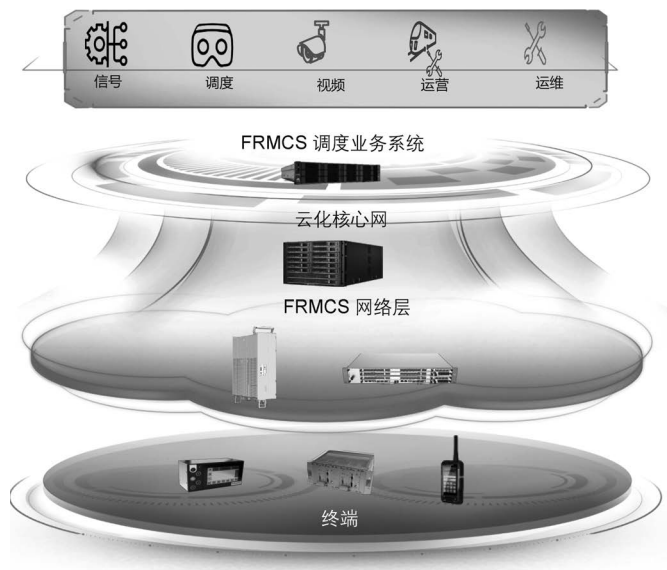


图 3-22 解决方案框架

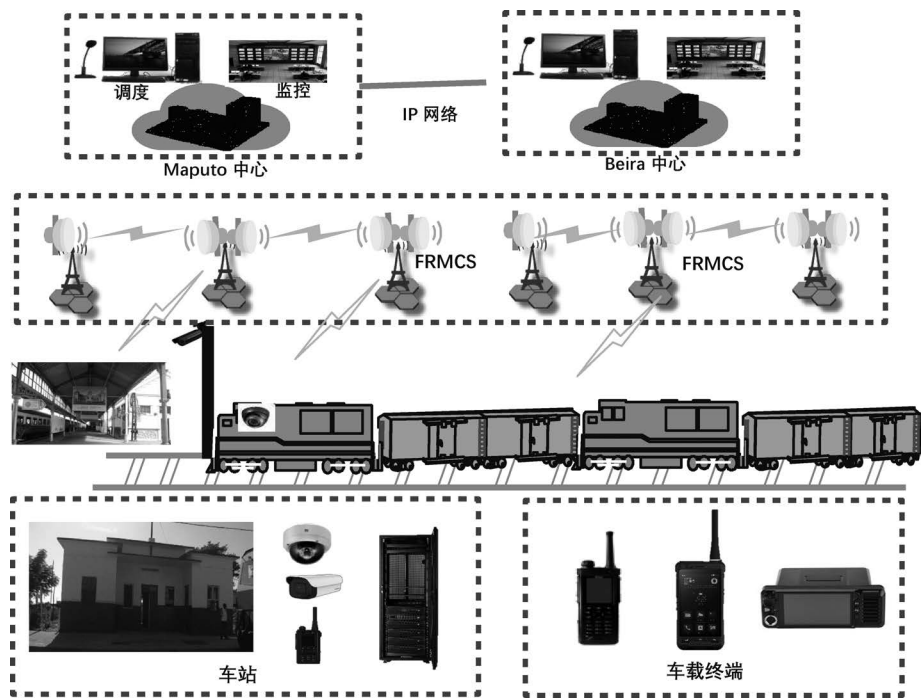


图 3-23 现场施工方案

(4) 在车站里部署 IP 网络、CCTV、配套的机柜和 UPS。

系统部署后,实现火车和中心侧的实时语音和数据通信。并且改造铁路沿线车站的通信网络,关键区域部署 CCTV 系统,提升沟通效率和安全运营。

整体方案具备如下亮点。

(1) 高可靠: 1+1 核心网系统, 实现系统 99.999% 的可靠性。

(2) 铁路专用调度: 实现专业的语音集群功能, 不仅能支持点对点呼叫、组呼, 还能支持基于角色的呼叫, 防止干扰。

(3) 支持丰富的多媒体信息: 可以提供 GIS 位置信息、大带宽的数据服务, 可以将实时 GIS 位置、APP 业务数据、车载摄像头视频等数据实时回传。

(4) 减少 OPAX(Operating Expense, 企业运营持续消耗性支出), 节省 VSAT(Very Small Aperture Terminal, 甚小口径卫星通信站) 卫星租赁费用。

3. 总结与展望

目前 FRMCS 在莫桑比克的效益初显, 大大提升了调度效率、安全运行和员工管理效率。数据显示, 马普托港口货运吞吐量从 2021 年的 2200 万吨增长至 2022 年的 2670 万吨, 2023 年货运吞吐量达到了 3120 万吨, 货运量屡创新高。另外, 本方案还具备可长期演进性, 升级双网后即可承载信号, 可支撑实现多机头同步的实时通信, 进一步提升火车运力。

莫桑比克和华为合作的基于 FRMCS 架构的下一代通信系统, 为莫桑比克的标杆性交通运输工程贡献了科技智慧与力量, 使其运输能力增强, 带动沿线经济快速发展, 也让莫桑比克成为非洲区域内国家铁路通信现代化改造的典范, 其经验也成为不同领域内国家之间技术交流的有效借鉴, 间接促进了莫桑比克国际形象的提升。

3.3.4 智能排产助力动车段检修效率提升

1. 案例概述

某路局动车组运用维护设施主要包括运用检查库、临修库、不落轮镟库、动存场、临修线、镟轮线、外皮清洗线等, 最大能同时承担 30 多个标准组的运用检修。动车组高级检修设施主要包括整编静调库、三级修及转向架库、材料库、吹扫库、辅助生产用房及检修线路, 整车年检修能力约 100 组。

该动车段根据实际业务需求及整体规划, 主要负责本局配属动车组运用及一、二级检修作业, 本局及部分外局动车组三级高级检修作业以及临修作业。

动车组运用修方面主要开展多种类型动车组一、二级检修、临修、专项修、60 万千米延长修以及外皮清洗、吸污作业等任务。配属载客车次 200 多对, 满图运行时使用动车组 100 多组(含热备); 日常图定担当载客车次 200 多对; 图定使用动车组 100 多组(含热备)。

动车组高级修方面主要承担本局及部分外局多种类型动车组 60 万千米、120 万千米整车三级检修和部分部件自主修任务, 承担多种车型临时检修任务。

按照国铁集团“十四五”规划、构建“六个现代化体系”建设目标以及集团公司“数字铁路”的工作指示, 该动车段先行先试, 坚持以安全风险管控为核心, 不断探索将信息化建设与动车运用检修工作相结合。在运维检修上, 动车段一度面临着工艺流程长、技术标准多、装备要求高、作业时间紧、一体协同难等挑战。

2. 解决方案及价值

为解决信息系统各自为政、数据孤岛效应明显、指标驱动业务效果不佳、系统灵活程度不高、生命力不强等诸多问题,该动车段利用以数字技术、AI 人工智能为代表的先进技术与检修作业场景深度融合,数据从独立运营到统筹分析,驱动数字化程度逐步提高,构建数字化动车段。形成的技术架构如图 3-24 所示。

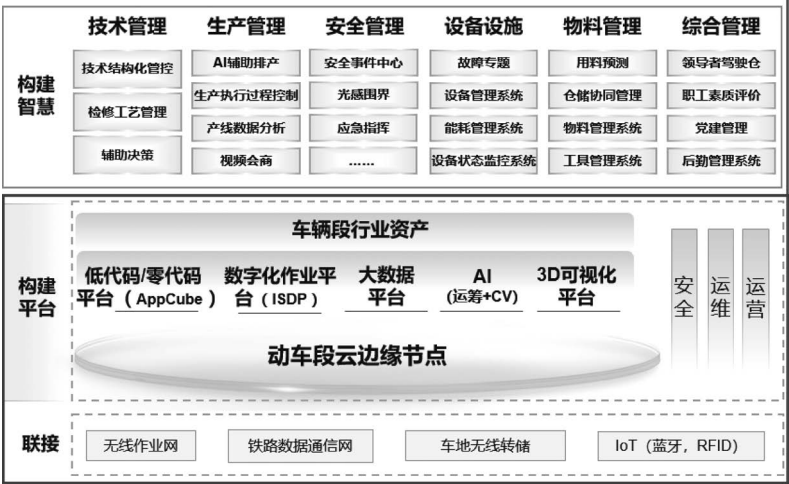


图 3-24 数字化动车段技术架构图

基于技术架构,动车段开展了业务流程数字化建设,紧密围绕着动车段 6 大核心业务域开展数字化建设。

(1) 技术管理领域: 动车段基于“数智底座”的低代码开发和数字化作业能力,建立产品(动车)结构树、结构化文档、检修工艺流程三棵树,结构化 2000 多本作业指导书,梳理 700 余条关键标准,变成掌上的生产工具。

(2) 生产管理领域: 在成都动车段,高级修作业人员近 800 人,检修车间有 30 多根股道生成日计划、列计划的变量将达到百亿级,而算法模型需要在分钟级内完成计算,并给出最优解;真正做到了 AI 编排并完成任务的指派、收集。作业人员通过手持 APP 即可实现在线管理、故障申报反馈。

(3) 物料管理领域: 基于“数智底座”的大数据和数字化作业能力,构建物料需求模型,从需求共享平台到物料数据共享,实现物料需求的精准预测、自动生成配送计划。作业人员通过手持 APP 快速申领物料;物料数量、位置、编码及预警等信息一览无余。

(4) 安全管理领域: 检修生产中的在线故障的记录分析,现场作业情况可视化,音视频协同作业能力,故障一键直达现场。

(5) 设备设施管理领域: 依托“数智底座”大数据和 AI 的能力,构建车辆生产大数据边缘分析节点,并在完成数据治理后构建了故障分析大数据模型,依托此能力逐步完善动车组合修理系统建设,未来可实现面向不同组件的预测性维护。

(6) 综合管理领域: 数字孪生动车段建设, 基于三维可视化技术及数据分析系统, 并通过大数据分析系统建设, 构建动车段指标体系, 让数据成为资产。按照指标体系, 分层分级建设数据驾驶舱, 实现关键指标数据可视化, 提升管理时效性, 辅助生产管理决策, 提升管理精准性。

3. 总结与展望

在数字化动车段顶层架构的牵引下, 基于“数字底座”, 围绕着三年实现全面数字化的建设节奏, 该动车段一步一个脚印开展基础设施数字化, 业务流程的数字化建设, 提升高级修整体检修效率, 提升物料周转率, AI 排产实现排产效率提升, 生产过程大幅减少纸质件, 技术管理全面实现线上承载。

面向未来, 基于数智底座, 持续建设基于 AI 和大数据分析的构型管理实现预测修; 基于物料协同, 实现自动驾驶的无人物流; 基于大数据的指标体系实现持续运营。

3.3.5 “AirFlash”5G 助力铁路局智慧机务建设

1. 案例概述

某机务段机车 LKJ、车载 6A 等系统在运行过程中产生大量文本和音视频数据, 每个交路会产生约 30GB 的数据, 以往机车数据转存工作需要等机车入库以后, 通过 CMD 系统中的 Wi-Fi 或者人工 U 盘复制的方式将数据带回机车乘务派班室, 再由值班人员将数据上传至服务器进行存储, 大约需要 40min, 不仅数据传输速度慢、转存效率不高, 而且人工复制存在数据丢失和病毒感染的风险。希望通过新的技术手段对机车产生的大量数据实现快速、安全的转存, 并基于 LKJ、6A 的数据分析司机的驾驶行为是否满足机车作业的项点要求。

华为将“AirFlash”5G 车地高速转储和 AI 智能分析解决方案应用在机务日常作业中, 实现“5G+AI”技术与铁路机务的深度融合。方案基于“端到端”的全新体系架构, 采用全新毫米波频段、多天线、波束赋型等 5G 先进技术, 提供了超宽、智能、安全的解决方案。而部署了“AirFlash”5G 车地转储解决方案后, 通过现场测试, 机车与地面间可实现超过 1.5Gb/s 的高速无线通信, 30GB 的视频数据在 3min 左右全自动完成数据转储, 较之前的转储效率提升了 13 倍, 而且全程无须人工干预。在安全方面, 通过白名单鉴权, 4 次握手协议保障接入安全, 全程数据自动加密传输, 无病毒感染风险, 确保整个转储过程的数据完整、安全。对于转储后的数据, 联合广大生态合作伙伴, 融入华为数据服务平台, 结合大数据和人工智能技术, 智能分析、自动识别问题和故障, 大大提升转储文件分析效率。并通过 AI 技术对机车乘务员十余种作业行为项点进行“全交路”智能分析, 有效规范机车乘务员的作业执行标准。2020 年 9 月 4 日, 全路机务相关人员参观了“5G+AI 智慧机务系统”的实际应用效果现场会演示。当日下午 14:46, 首台搭载“5G”设备的 402 号“和谐 HXD3D”型大功率电力机车缓缓驶入机车整备场, 随着机车上的 5G 设备与地面设备自动建立连接, 传输速率迅速从 0 上升到 1.5Gb/s, 不到 90s 的时间, 15.6GB 的视频数据自动转储完成, 让在场的参会者叹为观止。

2. 解决方案及价值

方案架构由三部分组成：车载设备、轨旁设备和机房设备(也可部署在轨旁),如图 3-25 所示。方案提供的车载设备为车载网关和 AirFlash 车载终端,LKJ、6A、TCMS、CMD 等为既有的车载设备；在轨旁部署 AirFlash 轨旁基站,负责与 AirFlash 车载终端建立连接并高速传输数据；高速缓存一体机,负责接收轨旁基站的数据并进行缓存,同时提供计算资源,安装转储管理软件和网管软件、数据分发软件。

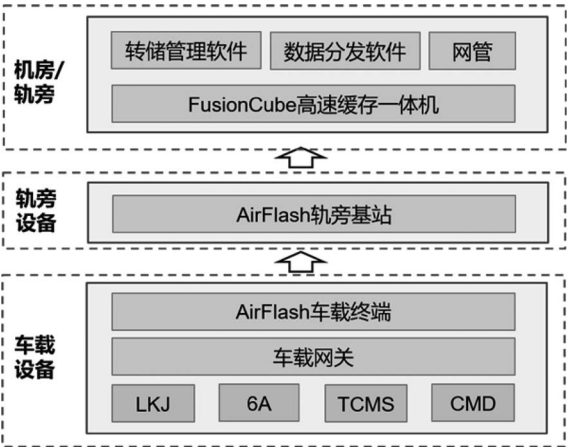


图 3-25 车地转储方案架构

机车回机务段时,机车会依次低速经过咽喉区、加砂区、保洁棚等位置,每个位置停留数分钟至 10min,一个机务段需要 2~3 个 RBS(Railway Base Station,轨旁基站)即可。RBS 分别部署在咽喉区、加砂区、保洁棚等位置附近区域以实现机车进入机务段后可确保与 RBS 能够建立连接并稳定接入。每台机车配两个 TAU(Train Access Unit,车载接入单元),分别安装在两端驾驶室的车顶,确保机车头无论是以哪个驾驶室端面向机务段回段,均能被 RBS 覆盖。

华为 AirFlash 车地转存方案具备如下价值。

1) 免申请、远离民用频谱、避免干扰

免申请,免报备,随需使用；远离民用频段,避免和传统频段之间的干扰。

2) 超大带宽,全程无须人工干预

提供超过 1.5Gb/s 的带宽,能在 1min 之内完成 10GB 的数据转储；基于 5G 多天线、相控阵、波束赋形技术,实现自动扫描、自动对接、自动转储。

3) 安全可靠

按照 EN50155 设计,满足抗震、防雷、抗风；IP67 防尘防水,长期工作温度范围为-40~+55℃；定向波束,指向性好,可最大程度消除相互干扰；支持空口白名单鉴权认证,AES128 加密。

4) 数据 AI 分析

提供 50 多项机务司机作业顶点的分析,包括标准化作业顶点和安全违章顶点;结合 6A+LKJ 数据对机务司机进行精准画像和建档。

3. 总结与展望

通过 AirFlash 技术实现路局机务段机车 LKJ、6A 等业务数据的高速、安全的转存,有效避免了传统 U 盘复制方式带来的数据丢失、病毒感染、转存耗时等问题,极大地提升了管理水平,未来随着更多 AI 大数据分析技术的应用,对于机车司机行为的判断会更加准确。

3.3.6 “智慧广铁”助力广州局集团成为世界一流数字化铁路企业

1. 案例概述

2020—2021 年,华为公司与广州局集团深度合作,基于中国和国铁集团的数字化转型战略要求,以及广州局集团公司的战略规划 and 高质量发展诉求,在中国铁路行业率先开展了《“智慧广铁”规划咨询研究》科研课题,双方成立一体化联合工作组,统一赋能,联合研讨和进行思想交流,最终形成 14 份高质量的研究成果文件。“智慧广铁”规划系统梳理了集团公司核心业务能力和流程,提出了总体愿景,明确了建设面向未来的 1 个“数字底座”加“智慧服务、智慧生产、管理管理、智慧生态”4 个“智慧体系”的主要关键任务(见图 3-26)和关键业务场景解决方案蓝图架构(见图 3-37)。

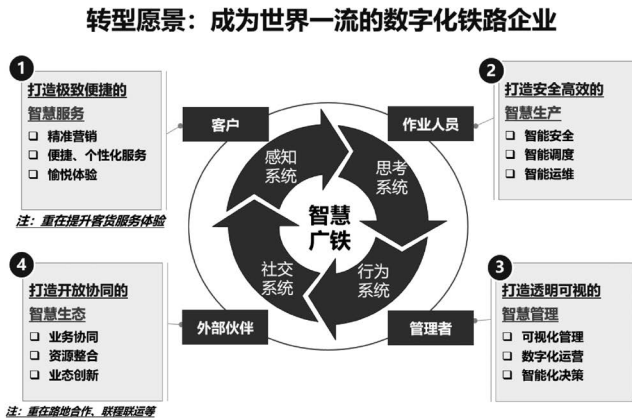


图 3-26 “智慧广铁”愿景蓝图

2. 解决方案及价值

“智慧广铁”系统设计了铁路运输企业面向未来的 4A 架构、业务流程变革举措,以及运维、IT 治理、网络与信息安全体系方案,规划了实施路径及项目建议清单。“智慧广铁”规划率先在铁路行业系统性地提出了坚持愿景驱动、问题导向,分层设计、自底向上由 4 个层级构成的铁路运输企业数字化转型实施方法论(见图 3-28),指导项目实施和建设。

(1) 底层：完善现有铁路各种监测监控系统、信息网络、基础设施平台建设,进一步融



图 3-27 “智慧广铁”解决方案蓝图架构

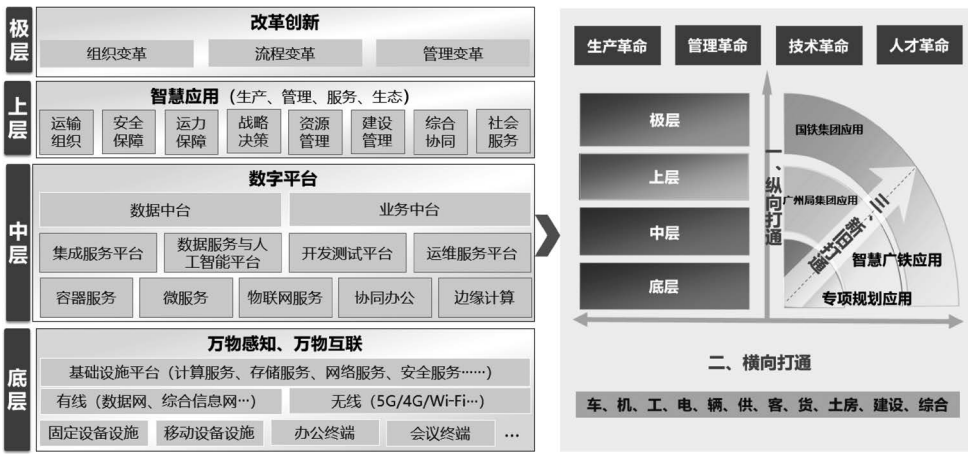


图 3-28 铁路运输企业数字化转型实施路径

合物联网、5G+北斗、人工智能等技术，逐步推进站场、线路的无线覆盖和物联网建设，提升数据采集和分析处理的自动化、智能化水平。

（2）中层：通过数据治理消除现有铁路信息系统的数据壁垒，运用大数据、云计算、微服务、边缘计算等技术构建企业数字平台，实现企业级的数据汇聚和共享，为企业提供安全可靠、便捷高速的数据服务能力。构建“分层解耦、系统服务化”的业务中台，业务中台包括主营业务、使能业务、管理支撑，实现主干交易业务流简单、高效、畅通。

（3）上层：在数据采集与管理的基础上，通过主题连接开展企业数据资产的深度挖掘和分析研究，打造铁路安全、运力资源、经营态势分析等业务场景下的智能辅助决策服务。

（4）极层：通过对企业数据的全面掌控和智能化应用，精准发现企业在业务、管理、组织等方面存在的问题，并对解决方案进行数字化仿真，大大降低企业改革的风险。

在上述分层设计的基础上，以数据为核心要素，纵向打通铁路运输企业各级管理层，横向打通铁路运输企业各专业，新旧打通铁路运输企业新旧信息系统，满足企业数字化转型

数据驱动的目标要求。华为与广州局集团联合发布的规划成果对“智慧广铁”建设实施、提升铁路企业数字化水平,具有引领和指导作用。

3. “智慧广铁”规划研究建设成效

“智慧广铁”规划研究项目获2021年度广州局集团科技进步特等奖,并延伸为2021年度国铁集团重点科研项目《铁路运输企业数字化转型发展总体规划研究》,于2023年3月通过国铁集团结题验收,被评为A级。“智慧广铁”实施过程整体分为三个阶段,即起步阶段(2021年)、主体工程推进阶段(2022—2025年)、全面提升阶段(2025—2030年)。坚持两个原则:①坚持“聚焦价值、适度超前、整合资源、继承优化、降低风险”;②坚持“与国铁集团规划相融合、与既有系统相融合、与外部资源相融合”。广州局集团公司按照国铁集团规划及信息化架构要求,结合企业实际,主要开展如下实践探索。

(1) 补强基础设施。在全路率先建成路局级一体化信息集成平台,为既有业务应用系统整合迁移、专项规划应用系统开发投产、开展大数据应用提供了有力支撑,并按需线性扩展平台能力。同时,在一体化信息集成平台搭建了地理信息平台、数据服务平台等专用资源服务,为安全风险管控大数据应用、客运营销、智能应急指挥平台、智慧编组站等系统应用提供了有力支撑。在江村站、怀化西站、长沙北物流园等地开展5G、物联网建设,基于云边协同架构的基础设施初具规模。

(2) 推进数据治理。对标《数据管理能力成熟度评估模型》,研究提出广州局集团公司数据治理管理制度、实施路径和技术方案等具体措施,建立相关专业数据目录3500余项,采集汇聚运输、客货运等10余个专业数据共约36TB。完成《数据资源管控平台》建设,建立数据采集、集成、共享等线上流程,累计发布数据服务267个,调用数据2632万次,共享数据规模5.22TB;大力推进大数据应用研发工作,一批数据驱动业务流程优化的大数据应用项目投入应用,如客运经营管理系统、货运营销大数据分析系统等,在集团公司提质增效、降本增效等工作中发挥了重要作用。2022年,广州局集团在全路率先通过数据管理能力成熟度评估(DCMM)2级(受管理级)。

(3) 深化应用创新。建成并使用一批符合行业智能化发展方向的项目。例如,①在运输生产领域,开展智慧编组站系统研发,全路率先建成编组站“站区一体化综合智能管控平台”,打通了调度、站、机、辆、货等专业数据,集成了智能车流、智能作业管控、站场视频等功能,实现对站区运输生产组织和作业情况的全面管控;②在综合协同领域,结合流程数字化,大力推进“让数据多跑路、职工少跑腿”,移动工作平台用户达4万余人,完成210个线上流程设计,累计处理流程计430万条,其中,电子公文88.7万件,无纸化会议在集团机关和9个基层单位应用,累计节约纸张477万余张。

(4) 优化组织流程。按照国铁集团统一部署,广州局集团公司结合综合维修一体化、修程修制、货运集中办理等改革,积极研发、应用高速铁路运营安全监测监控系统、动车组服役期数字化精准维修系统、货运营销大数据系统等一批符合数字化转型要求的项目,促进效率不断提升。

相较2016年,“智慧广铁”实施后,广州局集团公司2021年用工总量减少1.3万人,实

物量、价值量、生产率分别提高 5.2%、15.5%。

3.4 铁路智能化展望

中国铁路通过持续研发与进步已经跻身世界先进铁路技术行列，部分自主化技术实现领先全球。展望未来，铁路将朝着高速、高效、安全、舒适的方向发展，围绕设施智能化、高效运营、智慧服务、绿色安全演进。其中，物联网、传感器、新一代网络技术等实现铁路基础感知与互联互通的专业设施信息化；大数据、云、数字孪生、区块链技术赋能铁路行业的数字化；人工智能加速铁路产业智能化升级。铁路智能化未来将主要围绕以下几个领域。

(1) “算网一体”铁路综合承载网。未来推进实现集 6G 通信、AI 计算、云存储为一体的信息网络，对内实现计算内生，对外提供计算服务，重塑通信网络格局，促进铁路系统可持续发展。

(2) 空天地一体化的铁路通信系统。基于未来 6G 新一代通信技术的天基（高轨、中轨、低轨卫星）、空基（临空、高空、低空飞行器）等网络将与地基（蜂窝、有线、Wi-Fi）网络深度融合，组成空天地一体化网络，实现地表及立体空间综合交通全域、全天候的泛在“人-机-物”连接。利用北斗导航、6G 通信技术等支撑空天地一体化列控系统，提升传统轨道电路及轨旁设备定位能力，实现列车与列车之间、列车与地面（云端）之间的高效通信。

新一代感知、通信、大数据、数字孪生与人工智能技术支持物理世界中实体或过程演变数字化镜像复制，凭借数字世界中的映射实现智能交互。基于全要素、全流程、全业务数据驱动等特点，通过在数字世界挖掘的丰富历史和实时数据，借助业务算法模型赋能感知和认知智能，对物理实体或者过程实现模拟、验证、预测、控制，最终获得物理世界的最优状态。

(3) 铁路建造运维全生命周期应用。通过数字域和物理域的闭环交互、认知智能以及自动化运维等操作，可以适应复杂多变的动态环境，实现规划、监控、检修、网络优化和自愈等运维全生命周期的“自治”。例如，通过智能勘察、桥隧路轨体系化智能施工和工程数字孪生，实现基础设施全生命周期正向传递和反向迭代优化。借助 AI 大模型泛化能力，开展铁路关键系统、设备设施预防性预警，进一步提升建造与运维安全隐患高识别精度，覆盖从设计、建造到运维全过程，保障列车运行数据、机辆部件和铁路运营的安全，提升运维效率，降低运维成本。

(4) 创新技术促进列车速度持续提升。更高速、更安全、更智能的列车技术发展，包括真空管道、常导电磁悬浮、超导电动悬浮、高温超导磁浮、氢能等新能源在内的下一代革命性新技术，正逐渐从实验室走向商业市场。未来有望突破超高速铁路技术，实现列车运行速度从 350km 到 400km，及超过 600km 时速的牵引、制动、供电、能源消耗及噪声污染的超高速铁路技术突破与应用，确保列车运行安全可靠、经济高效，绿色可持续发展。

(5) 全自动驾驶与智能调度运营发展。无人驾驶技术已成为铁路行业重要的前沿领域。基于高精定位与感知技术、无线通信技术等衍生的车车通信、车地通信、人工智能算

法、智能轨道控制技术的高速铁路列车自动驾驶系统逐渐成熟,列车在行驶过程中实现自主决策,自动控制速度、行车间隔和安全距离,从而极大地提升了铁路交通的安全性与运输效率。

与此同时,智能调度则以实现深度融合的 MaaS+全行程智能服务及面向区域路网全面发展,通过智能调度算法精确地预测和调整列车运行计划,优化列车调度,确保列车准时、安全和高效运行,以及应急救援响应。此外,乘客智能化服务为旅客提供推荐乘车方案、实时查询列车信息,实现车票的动态定价和自动分配,提高旅客服务的响应速度与满意度,让旅客享受到更为舒适、高效的旅程。

综上所述,随着建设交通强国的不断推进,以及人们对便捷舒适出行和高效货运物流的需求日益增长,人工智能技术将成为铁路行业智能化发展的核心驱动力。这一技术将催生一系列创新智能化应用,在智能建造、智能装备、智能运营和智慧出行等领域发挥至关重要的作用。通过应用人工智能技术,铁路行业将能够更好地满足人们的出行需求,同时提升中国铁路在世界铁路行业的竞争力。