

动车组安全监控分析系列丛书

动车组运行 故障图像检测系统(TEDS) 分析与运用管理

DONGCHEZU YUNXING GUZHANGTUXIANG JIANCE
XITONG (TEDS) FENXI YU YUNYONG GUANLI

牛 刚 杨 凯 李卓亮 侯 伟 / 主编
赵小兵 何旭升 贾志凯 罗 果 / 主审



中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

动车组安全监控分析系列丛书

动车组运行 故障图像检测系统(TEDS) 分析与运用管理

牛 刚 杨 凯 李卓亮 侯 伟 主编
赵小兵 何旭升 贾志凯 罗 果 主审

中国铁道出版社

2018年·北京

内 容 简 介

全书共分为四章,主要介绍了动车组运行故障图像检测系统(TEDS)的应用背景与设计原则、构成及工作原理、使用方法、运用管理四个方面的内容,其中包括轨边设备、各用户权限的操作说明、运用管理经验等方面的知识。本书着重讲述了 TEDS 的工作原理与详细操作方法,并配以大量的操作界面图,简明直观,便于读者掌握,具有很强的实用性和针对性。

本书可供铁路系统动车组 TEDS 分析人员及运用管理人员学习使用,亦可供动车组、客车、货车安全监控工作人员及高等学校、科研院所研究人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

动车组运行故障图像检测系统(TEDS)分析与运用管理/
牛刚等主编. —北京:中国铁道出版社,2018. 12
(动车组安全监控分析系列丛书)
ISBN 978-7-113-25085-0

I. ①动… II. ①牛… III. ①动车-故障检测-自动检测系统
IV. ①U266

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 247831 号

书 名: 动车组安全监控分析系列丛书
动车组运行故障图像检测系统(TEDS)分析与运用管理
作 者: 牛 刚 杨 凯 李卓亮 侯 伟 主编

责任编辑:黄 璐 李润华

编辑部电话:010-51873138

电子信箱:tdpress@126.com

封面设计:崔 欣

责任校对:焦桂荣

责任印制:高春晓

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

版 次:2018年12月第1版 2018年12月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:6.75 字数:123 千

书 号:ISBN 978-7-113-25085-0

定 价:42.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

前 言

动车组运行安全需要通过科技手段进行可靠保障,随着车辆系统 5T 设备监控技术的发展成熟,动车组运行故障图像检测系统(TEDS)应运而生,并得到广泛应用。TEDS 系统现已配置到全路 18 个铁路局集团公司 156 个探测站,其中,中国铁路广州局集团有限公司管辖内现已设置 16 个探测站,分布在京广、沪昆等各客运专线枢纽进站咽喉区域,覆盖监控全部动车组运用。

广州动车段监控分析工作设立专门车间,24 h 倒班对管内途经的 15 个铁路局集团公司、23 种动车组分支车型、1 400~2 000 组标准动车组进行运用监控分析,确保中国铁路广州局集团有限公司管内动车组运行安全。TEDS 系统自 2016 年投入运用以来,监控分析发现了不少动车组运用故障并可靠拦停处置,为确保动车组运用安全立下了汗马功劳。由于各铁路局集团公司 TEDS 系统运用时间均不长,只建立起基本的运用管理文件、作业指导书、操作说明书体系,缺乏有效的培训教材和参考资料对职工进行日常和新职系统培训。为了进一步保障动车组的运行安全,通过提升素质提高动车组图像的分析作业质量,在日常运用工作中本书编者注意将一些文件要求、设备说明进行消化、理解、整合,将一些积累的工作经验和运用成果进行梳理总结,预计逐年、逐步编写一套《动车组安全监控分析系列丛书》。其中,本册《动车组运行故障图像检测系统(TEDS)分析与运用管理》为本丛书出版的开篇,在此基础上将陆续编写《动车组运行故障图像检测系统(TEDS)动态检查方法及案例》《滚动轴承故障轨边声学诊断系统(TADS)分析与运用管理》等图书,旨在抛砖引玉,促进动车组运行安全监控分析运用工作不断完善提高。未来,还将进一步根据现场运用作业的实际情况,在降低监控作业重复度、精简故障处置等级、优化监控处置流程、明确运用管理要求、加强与检修相结合等方面开展更多的工作,为 TEDS 运用管理工作的优化与

改进提供理论支持。

本书共分为四章。第一章为 TEDS 概述,介绍了 TEDS 的应用背景、设计原则和设备供应情况。第二章为 TEDS 构成及工作原理,介绍了 TEDS 的总体构成、工作原理和设备运用维护的关键技术。第三章为 TEDS 系统使用,介绍了 TEDS 系统功能及运行环境、分析员以及管理人员操作说明。第四章为 TEDS 运用管理,介绍了 TEDS 的运用管理相关规定、运用特点、运用存在的困难和问题以及应急处置方法。

本书由中国铁路广州局集团有限公司广州动车段赵小兵、中国铁路广州局集团有限公司广州动车段何旭升、中国铁道科学研究院集团有限公司电子计算技术研究所贾志凯、中国铁路广州局集团有限公司广州动车段罗果主审。参与审稿人员有中国铁路总公司车辆部动车客车处付政波、中国铁路动车组技术中心陈振虹、中国铁路广州局集团有限公司车辆处钱卿、中国铁路广州局集团有限公司广州动车段宋金等同志。

本书由中国铁路广州局集团有限公司广州动车段牛刚、中国铁道科学研究院集团有限公司电子计算技术研究所杨凯、中国铁路广州局集团有限公司广州动车段李卓亮、中国铁路广州局集团有限公司广州动车段侯伟主编。参编人员有中国铁路广州局集团有限公司广州动车段崔滢心、肖运峰、潘晓明、颜晓亮、李万平等同志。在此一并感谢在本书编写过程中相关设备单位提供的有关设备信息。

由于编写人员水平、时间及能力有限,书中难免有疏漏和错误之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2018 年 12 月

目 录

第一章 TEDS 概述	1
第一节 TEDS 应用背景	1
第二节 TEDS 系统设计原则	2
复习思考题	3
第二章 TEDS 构成及工作原理	4
第一节 TEDS 总体构成	4
第二节 TEDS 设备工作原理及关键功能模块	12
第三节 TEDS 设备关键技术	13
复习思考题	15
第三章 TEDS 系统使用	16
第一节 TEDS 系统功能简介及运行环境	16
第二节 分析员操作说明	16
第三节 管理人员操作说明	26
第四节 局级系统操作说明	74
复习思考题	92
第四章 TEDS 运用管理	93
第一节 TEDS 运用管理的相关规定	93
第二节 TEDS 监控系统的运用特点	98
第三节 当前 TEDS 监控系统运用存在的困难及问题	99
第四节 TEDS 应急处置方法	100
复习思考题	102

第一章 TEDS 概述

第一节 TEDS 应用背景

自 2007 年动车组在广深线开通以来,高速铁路发展日新月异。目前全路每日数千组动车组满负荷运营,极大地提高了中国铁路的客运能力,缩短了城市与城市、人与人之间的距离,改变了人们的出行模式和生活方式,是中国综合交通运输体系跨越式发展、代表“一带一路”中国特色的一张亮丽的名片。随着高铁“四纵四横”网络的建成和“八纵八横”网络的规划,高速动车组已经普及开行。在高速运行状态下,任何细小、细微的故障都有可能引发重大事故,因此提高长交路及站折过程中动车组高速运行中部件状态的检测和异常预警可靠性,提高动车组检修、运用质量,加强动车组检修作业质量的监控显得至关重要。

为了针对现有运行动车组故障检测手段的空白,采用设备视觉(变化检测)对运行动车组的可视结构异常情况进行实时分析,辅助自动预警的技术研判,建立了动车组运行故障动态图像检测系统。该系统采用模块化设计方法集成了高速控制技术、高速图像采集技术、动车组车辆标识技术、低通道图像处理传输技术以及动车组异常报警等关键技术。实现了对高速运行的动车组转向架、底板、车端连接部、裙板等关键部位的可视状态进行监控分析,并实现智能检测报警,提高了动车组检修作业的效率,提高了对运行过程中动车组隐蔽故障的发现和预警能力。

动车组运行故障图像检测系统(Trouble of EMU failures Detection System 或 Trouble of moving EMU Detection System,简称 TEDS)与货车运行故障动态图像检测系统(简称 TFDS)、客车运行故障轨边图像检测系统(简称 TVDS)等同为 5T 设备中的图像类检测产品。自投入使用以来,利用自动识别和人工确认相结合的方式发现了很多危及行车安全的动车组故障。通过及时发现动车组故障、及时处理,有效地保障了动车运行安全。TEDS 是利用轨边安装的高速线阵相机,拍摄运行状态下动车组转向架制动装置、传动装置、车体底板、车体裙板、车端连接部等可视部件的外观图像,通过 3D 成像处理深度信息比对、图像识别、图像处理等技术实现图像自动对比分析,发现故障并报警。而图像识别技术应用目前多种热点数据处理手段,比如神经网络机器学习,对图像异常进行分析,从而实现对关键部件进行(自动)故障报警,利用三级联网实时传输至

监控中心,向监控中心的分析员提供图像信息和预警信息,及时发现故障、预报故障、处理故障,保障动车组运行安全。

提高动车组检修生产作业效率、保证动车组的检修质量、研究动车组源头质量问题以及监控分析动车组运行状态是动车组运行安全保障工作中最直接有效的工作措施。为了加强动车组运行状态监控分析工作,实现科技手段确保安全,TEDS 系统由此应运而生。中国铁路总公司(以下简称铁路总公司)在全路车辆系统安全风险管理工作,要求全线配备动车组运行故障图像检测系统(TEDS)。目前有四家公司着力开发研究以及后期更新维护 TEDS 设备,分别是北京京天威科技发展有限公司(于 2010 年 6 月通过铁道部组织评审)、北京康拓科技有限公司(于 2013 年 1 月 22 日通过铁道部组织评审)、哈尔滨科佳通用机电有限公司(于 2013 年 1 月 31 日通过铁道部组织评审)、苏州华兴致远电子科技有限公司(于 2014 年 11 月 20 日通过铁路总公司组织评审)。全路范围首次进行招标,2013 年正式安装运行,随后在 2014~2015 年研究技术标准制定时,四家 TEDS 设备生产厂家对设备进行统型改造,2015 年底增加了面阵相机 3D 模块功能,形成 TEDS-3D。目前全路在投用的 TEDS 设备中,统型基本上是 TEDS-3D 设备,少量是 2013 年底安装的非统型设备。

TEDS 设备包括线上设备系统以及入所设备系统。线上设备系统主要安装在大型客运站入站枢纽位置,适用动车组车速为 5~90 km/h 的图像采集;入所设备系统主要安装在入所咽喉区域,用于对动车组关键部位技术状态的监控分析,若经认证评审通过,可部分取代一级修作业。目前,中国铁路广州局集团有限公司和各铁路局集团公司安装的全部是线上设备系统,入所设备系统仅在北京、郑州等几个动车所试装使用。本书介绍的也是 TEDS 线上设备系统,入所设备系统原理类似,只是监控侧重点和保障要求有所不同。

第二节 TEDS 系统设计原则

动车组运行时,动车组有各种传感器及监控网络可以实现对动车组本身运行状态的状态监测、故障监测及故障诊断,监控模块包括:高压供电、照明、空调、制动、门控、轴温、火灾报警、旅客信息等。但是动车组本身的监控网络无法覆盖到运行过程的所有状态,特别是车底及车侧的结构件(即外部可视部分),在动车组高速运行下,异物的撞击、运行和高频振动过程造成松动、松脱的可能性非常大,严酷气候条件变异、冰雪天气覆盖等都可能对车体关键部位造成意外破坏,如果带病长距离高速运行极可能会导致运行事故。同时对于动车组走行部,其各个组成部件受较大的传动力、制动力及高频振

动,在运行过程中可能出现螺栓异常松动、部件移位等情况,作业过程中可能会出现盖板异位、部件脱落、防松措施失效等问题。如果某个关键螺栓脱落时,就会造成关联部件各个螺栓受力不均,在长距离运行时可能造成系统多个螺栓脱落,乃至底板脱落,从而导致发生列车事故。为及时发现车体结构件异常和运动异常情况,需要设计一套检测系统,在动车组运行状态时模拟人工检查对各结构件状态进行查看分析及故障诊断。利用机器视觉对可视部位结构件异常分析报警实现了目前比较先进且成熟的技术模式,由此产生了 TEDS 系统。TEDS 系统采用机器视觉为核心的高速控制、高精度定位采集图像异常分析为基础的技术构架。由于动车组交路运行具有折返运行的特点,即每个动车所配属的动车组固定运行在某一线路上,即 TEDS 设备在采集到同一列动车的通过图像后,可以找到其最近过车的历史图像,也可与该动车组出厂时的历史采集图像对比,通过现有图像和采集的历史图像的图像标准以及特征值比对,通过过滤排除光线、速度等影响因素,即可获取当前运行动车组的结构件是否有变形、变形的趋势以及变化的类型,利用这种思路即可实现结构异常变动的分级报警。同时系统对于一些关键部件利用模型深度学习的方法进行故障识别预警,能够对关键故障提前预警、人工确认,以实现全方位覆盖异常报警,确保动车组运行安全。

复习思考题

1. 什么是 TEDS 系统? 其工作原理是什么?
2. 目前 TEDS 系统设备主要是哪几家公司的产品?

第二章 TEDS 构成及工作原理

第一节 TEDS 总体构成

TEDS 由探测站轨边设备、探测站机房设备、监控中心设备及终端等组成,如图 2-1 所示。



图 2-1 TEDS 总体构成

TEDS 轨边硬件主要包括轨边设备及轨边机房设备,如图 2-2 所示。其中轨边设备的具体布置如图 2-3 所示,TEDS 轨边设备硬件包括底箱和侧箱,侧面和底部的防护箱中有补偿激光光源、线阵图像高速摄像机模块、吹风除尘排水装置等,轨道上安装有 AEI 装置(车号天线)、车轮传感器(磁钢)等。而探测站轨边机房里的设备包括图像数据采集、处理服务器以及存储数据设备、图号自动识别服务器、控制设备、远程监控、KVM、数据传输、网络接入、防雷设备、空调、不间断电源等。

监控中心里配备有集中检测服务器、安全监测终端、设备前端复示终端、打印机、防雷设备等。

一、TEDS 轨边设备

1. TEDS 探测站

TEDS 探测站是指安装在铁道轨内及轨外的,用于对动车组运行信息及图像进行采集的设备。轨边设备包括线阵图像采集模块、3D 成像模块、激光光源模块、AEI 天线、车

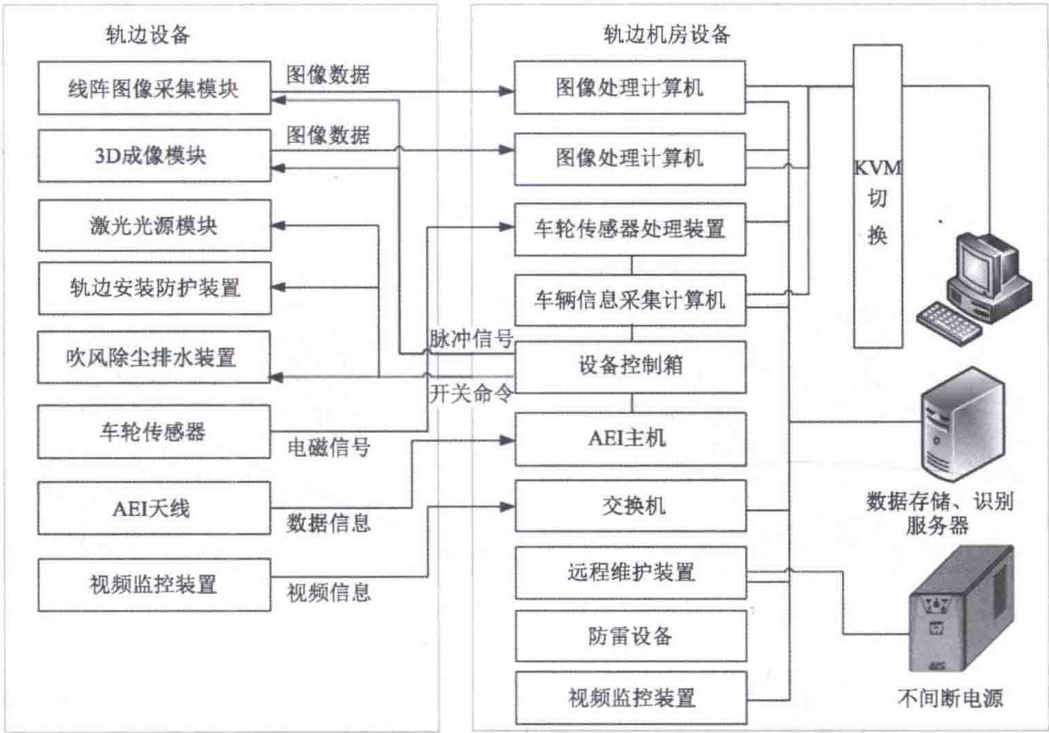


图 2-2 轨边设备及轨边机房设备详细构成

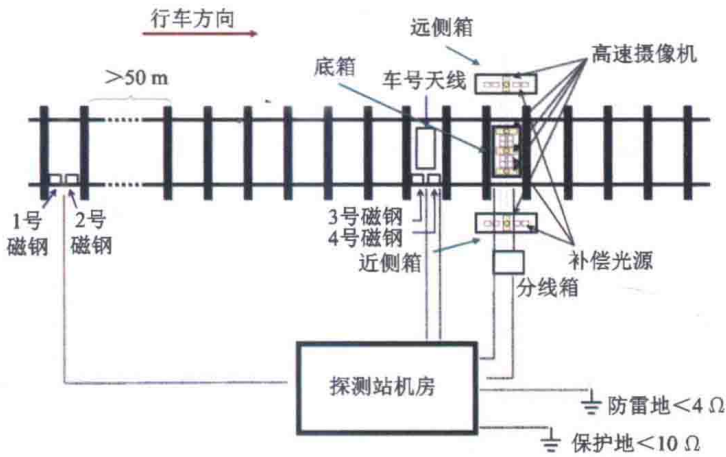


图 2-3 TEDS 轨边设备布置

轮传感器、轨边安装防护装置(轨内底箱、轨外底箱、侧箱、分线箱)、吹风除尘排水装置、视频监控装置、电缆、光纤等,设备按标准模块化设计,可通用互换。

探测站轨边设备设有防护设备,如图 2-4 所示,防护设备具有保护门,如图 2-5 所示,对相机和补偿光源进行防护,只有在列车通过时,磁钢得到列车通过信号后,控制保护门才打开,相机进行拍摄。轨边设备的防护设备保护箱具有抗振性,具备防水、除尘的

功能,适应轨边环境。防护箱体内安装图像采集模块、吹风除尘装置、线缆等。图 2-6 所示为探测站底箱相机模块,负责线上运行动车组底部通道的图像采集,同样,内含线阵图像采集模块及吹风除尘排水装置等。



图 2-4 轨边侧箱防护设备

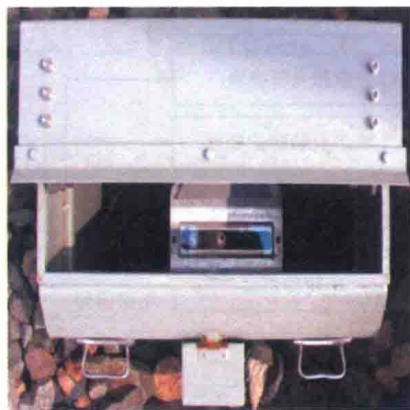


图 2-5 轨边侧箱相机及保护门



图 2-6 探测站底箱相机模块

2. TEDS 图像采集模块

探测站的底箱和侧箱的防护箱箱体安装的主要是图像采集模块,包括:线阵图像采集模块,由高速线阵相机和激光光源组成,采集通过列车的线阵图像;3D 成像模块,由高速 3D 面阵相机和激光光源组成,采集通过探测站的列车的 3D 数据。TEDS 图像采集模块对动车组底部及侧部可视部件进行图像数据采集,采集范围主要包括底部可视部件(车体底部、转向架制动装置、传动装置、牵引装置、轮轴、车钩装置、电务车载设备车底部件及车底部其他可视部位)和侧部可视部件(侧部裙板、转向架及轴箱、车端连接部等可视部位)。统型 TEDS 具备左侧上、左侧下、右侧上、右侧下、底中、底左内、底左外、底右内、底右外共 9 个通道。

在 TEDS 探测站图像采集模块中的高速相机主要是采取线阵相机采集图像的方式,线阵相机与我们平时日常生活中使用的面阵相机不同,是一类特殊的视觉机器,它的传感器只有一行感光元素,因此使高扫描频率和高分辨率成为可能。线阵相机普遍应用在检测连续的材料,例如金属、塑料、纸和纤维等,最为适用于匀速运动的物体的检测。利用一台或多台相机对运动物体连续、逐行的扫描,以达到对其整个可视表面均匀

检测的效果。在 TEDS-3D 模块中主要采取面阵相机采集图像数据,面阵相机是一款以目标物体形面为单位来进行图像采集的成像工具,可以一次性获取完整的目标图像,适用于直观测量图像,可检测目标物体的形状、尺寸甚至温度信息。TEDS-3D 模块主要是为了获得动车组可视部件的深度信息,进行比对,达到自动报警的目的。TEDS-3D 采集的图像如图 2-7、图 2-8 所示。



图 2-7 TEDS-3D 采集侧部裙板图像

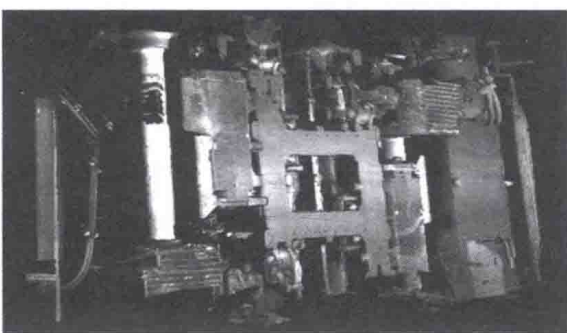


图 2-8 TEDS-3D 采集转向架图像

目前轨道的设置,分为有砟道床和无砟道床,针对这两种情况,TEDS 的安装方式及成像原理略有区别。在有砟道床中,因空间比较富余,TEDS 探测站的底箱中图像采集模块布置在道床下,与行车方向垂直,图像采集模块的补偿光源发出光,高速相机直接进行拍摄,其设备布置如图 2-9 所示。补偿光源使用激光光源,由激光器产生,激光器安装在轨边分线箱内,与图像采集模块中的补偿光源用光纤连接。而无砟道床探测站设备布置紧凑,如图 2-10 所示。在无砟道床中,TEDS 设备的底部图像采集模块沿着行车方向平放安置,在镜头前方安装平面反射镜。图像采集模块补偿光源发出的光,经过平面镜反射,照射到动车组车体底部,再反射回平面镜,最后回到相机镜头,相机感光元器件采集到车体底部反射回来的光,最终转换成图像,其工作原理如图 2-11 所示。

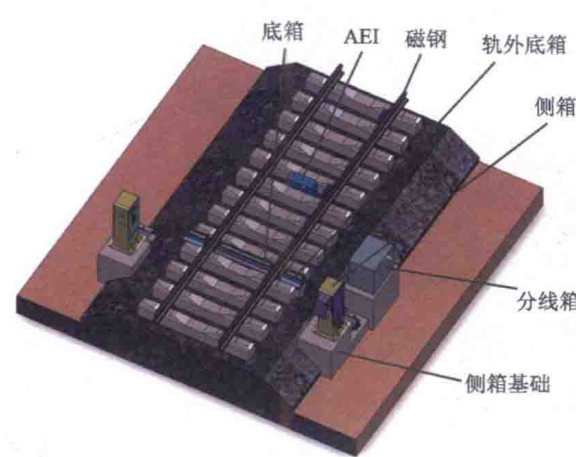


图 2-9 有砟道床探测站设备布置

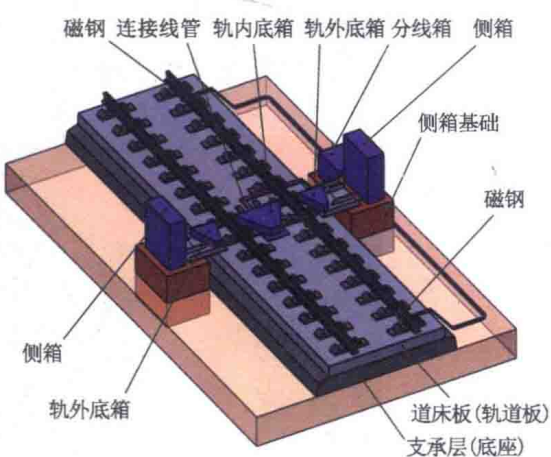


图 2-10 无砟道床探测站设备布置

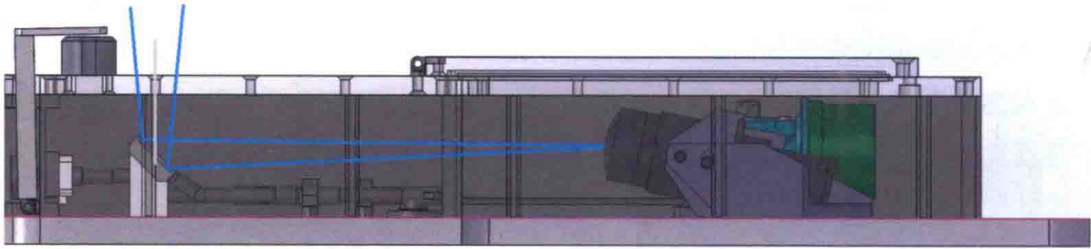


图 2-11 无砟道床安装 TEDS 探测站图像采集模块工作原理

3. 轨边磁钢

TEDS 探测站在没有动车组通过时,防护门都是关闭状态,对拍摄系统进行保护。启动系统,由车轮传感器(又称磁钢)实现系统接车、测速、计轴计辆、拍摄图像定位等功能。一个 TEDS 探测站至少设置 4 个磁钢,分别是远端 2 个开机磁钢和近端 2 个计轴计量磁钢。

两个远端开机磁钢距离图像采集模块要求大于 50 m,两个磁钢间距离约为 250~270 mm。远端磁钢用于列车探测,当动车组经过远端磁钢时,系统进行接车准备,进入接车状态,防护箱开门,打开 AEI 设备准备记录车次,开启补偿光源。近端计轴计量磁钢安装在距离图像采集模块 5 m 内,两个磁钢间距离同样为 250~270 mm,系统根据近端计轴计量磁钢信号计算列车速度、计轴计辆。近端磁钢的安装位置必须与相机安装位置紧密联系,当车轮压过磁钢时,防护门打开,所有相机便开始拍照。轨道上的磁钢如图 2-12 所示。



图 2-12 磁钢

二、TEDS 轨边机房设备

轨边机房设备主要用于对动车组运行信息及图像进行处理,它包括车辆信息采集计算机、图像处理计算机、数据存储服务器和图像自动识别服务器,以及 AEI 主机、视频监控装置、车轮传感器处理装置、KVM、信号防雷设备、电源防雷设备、设备控制箱、远程维护装置、交换机、UPS 不间断电源、空调等,各设备统型技术标准进行模块化设计,可通用互换。

轨边机房机箱如图 2-13 所示。磁钢信号需要通过车轮传感器智能处理装置由模拟信号处理成数字信号后才能进入车辆信息采集计算机,车轮传感器智能处理装置是通过综合模糊信号处理技术,动态评估被检测动车组高速、低速、变速、停车再启动等各种复杂现场工作环境,在两块智能微处理芯片实时协调下,跟踪作业现场各种复杂工作条件,实现不同现场环境条件下装置的动态通道阈值的分级自动调整、模糊跟踪并且自适应有效信号处理、有效屏蔽各种干扰脉冲等功能,正确接收处理被监测动车组的车轮位置信号,对其进行全面调理和智能化数字转换,使其成为相应设备系统所需要的标准数字信号后再经过车辆信息采集计算机处理。

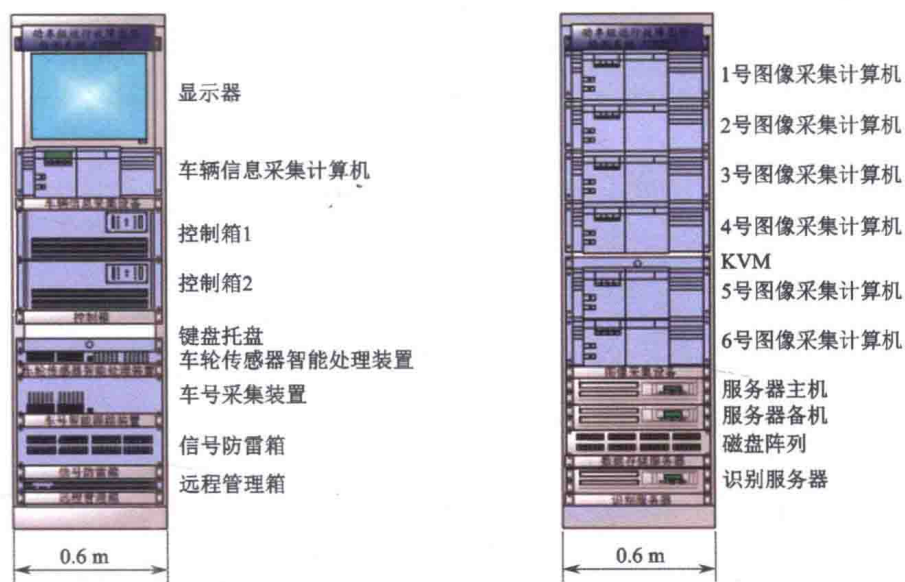


图 2-13 轨边机房机箱

车辆信息采集计算机安装有车辆信息采集软件及硬件控制板卡,它主要用于接收磁钢处理的信号,进行计轴、计辆、测速,同时控制补偿光源和保护门的开启和关闭,并给相机提供触发控制信号。控制箱主要用于控制工控机发出的控制信号,对内部的继电器板卡和相关继电器进行操作,从而控制轨边设备(防护门、相机、光源)的正常运转。控

制箱内安装有工作开关电源、继电器板卡等,内部开关电源主要提供 12 V、24 V 直流电源。

数据存储服务器有服务器主机以及服务器备机,这是使用双机热备技术,确保服务器的高容错性和高可用性。服务器主要是用于存储车辆信息、预报故障信息和所有相机通道的图像信息,存储周期大于 30 天。识别服务器主要用于对采集到的动车组图像进行改名、分析、车号识别、预报故障自动识别,对图像中异常的部位进行分级报警提示。

远程管理箱主要用于远程维护,通过网络实现探测站机房设备远程维护。各服务器以及磁盘阵列等自带远程管理功能。远程管理视图如图 2-14 所示。

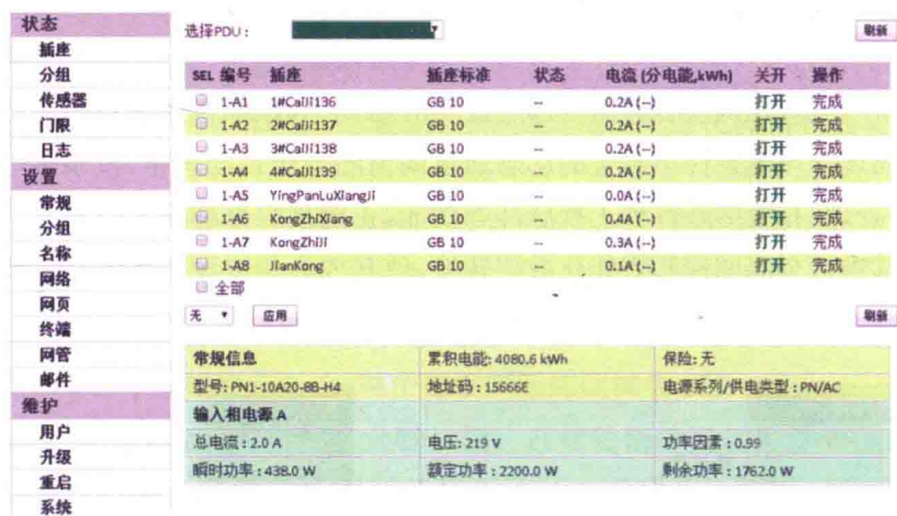


图 2-14 远程管理视图

三、监控中心设备

如图 2-15 所示,监控中心设备包括接口服务器、数据库服务器、平台应用服务器、工作组终端等。轨边相机是通过千兆网线与图像采集计算机直连,图像采集计算机、车辆信息采集计算机、数据服务器共同接入一个交换机,构成探测站内部数据交换的局域网;服务器、监控摄像机、远程管理设备等接入一个交换机,再通过光纤与监控中心设备相连通;工作组前端复示终端、监控中心服务器等接入交换机,构成动车组分析作业的局域网。动车组监控分析作业的监控平台展示如图 2-16 所示,其中包括自动报警功能及人工分析确认功能,用以监控动车组线上运营安全。

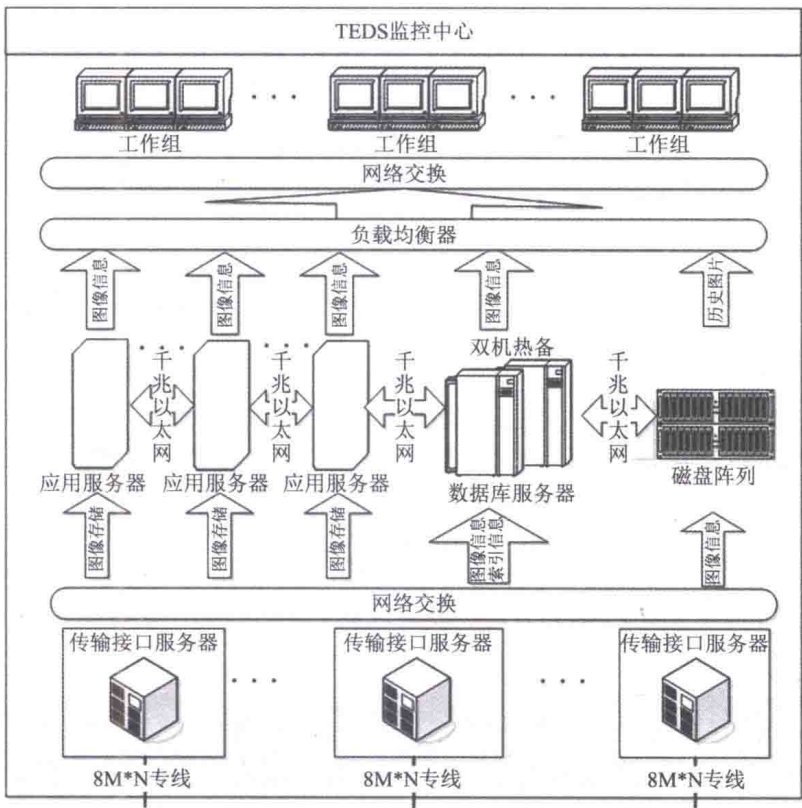


图 2-15 监控中心设备

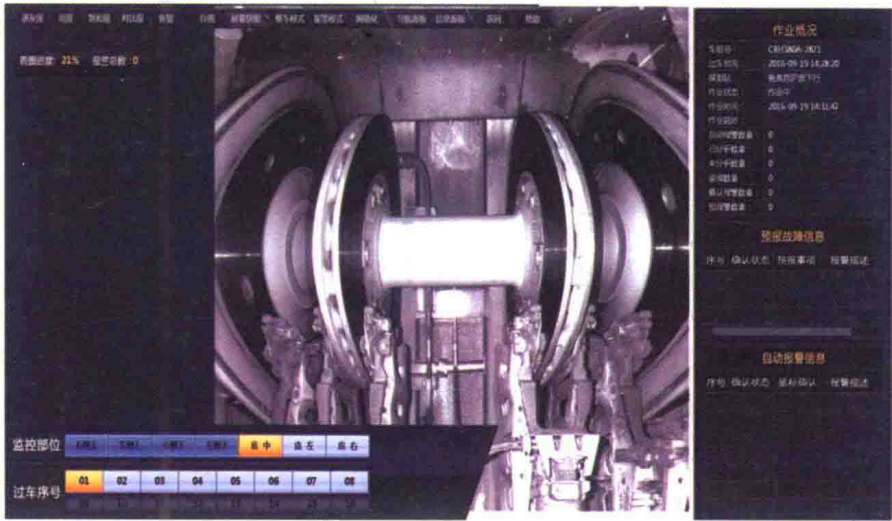


图 2-16 监控分析作业—监控平台展示