

● 太中银铁路培训丛书

铁路车辆技术

杨绍清 主 编



中国铁道出版社

太中银铁路培训丛书

铁路车辆技术

杨绍清 主 编

王启铭 副主编

中国铁道出版社

2011年·北京

内 容 简 介

本书共十四章分安全监控与车号识别、货车部分、客车部分三篇,着重介绍了太中银铁路 5T 设备的分布、设备情况、使用维护,太中银铁路主型客、货车及新型零部件的用途、结构特点、使用维护以及常见故障应急处置和事故调查处理等内容。

本书可用于太中银铁路职工培训,也可供相关技术人员、管理干部以及其他读者学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

铁路车辆技术/杨绍清主编. —北京:中国铁道出版社,2011.5

(太中银铁路培训丛书)

ISBN 978-7-113-12914-9

I. ①铁… II. ①杨… III. ①铁路车辆—技术培训—教材 IV. ①U270.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 074320 号

书 名:铁路车辆技术

作 者:杨绍清 主编

责任编辑:程东海 电话:010-51873135 电子信箱:whm_haiming@163.com

封面设计:郑春鹏

责任校对:孙 玫

责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:三河市华业印装厂

版 次:2011年5月第1版 2011年5月第1次印刷

开 本:789 mm×1 092 mm 1/16 印张:26.75 字数:672 千

书 号:ISBN 978-7-113-12914-9

定 价:53.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

编委会名单

主 任：杨绍清

副主任：杨国秀 刘 俊 俞 蒙 王全献

王启铭 王金虎 杨占虎

委 员：李 荷 郝春明 高春明 郭善宏

陈富强 王艳辉 梁雁生 韩洪臣

王旭荣 曹润国 宋 钢 张岳黄

梁红卫

主 编：杨绍清

副主编：王启铭

策 划：张岳黄 梁红卫 何建忠

序

太原至中卫(银川)铁路,简称“太中银铁路”,包括太中线和银川联络线,太原至中卫正线 748 km,银川联络线(定边至银川)194 km。太中银线是位于京包铁路以南、陇海铁路以北的一条东西向铁路干线,是连接西北、华北的一条大能力、便捷的铁路运输通道,是我国“十一五”规划的重点工程项目,是我局第一条高等级铁路,线路东起山西太原,西端分别至宁夏中卫和银川,途经 3 省 7 市 22 县,2006 年 5 月开工,2010 年 11 月底竣工,2011 年 1 月 11 日开通运营。太中银铁路设计货运能力 8 000 万吨/年(双线)。

太中银铁路充分运用现代技术,采用了一系列新设备、新技术、新方法。典型代表是采用了先进的分散自律调度集中系统(CTC),极大地提高了运输效率,提高了保障安全生产的能力。为进一步提高职工队伍素质,把太中银铁路建成安全、标准、示范线,路局决定编写太中银铁路职工培训系列丛书,作为职工培训教材。

本套《太中银铁路培训丛书》,以“符合现场实际、解决实际问题、职工作业实用”为原则,在路局杨绍清局长、张义平书记和总工程师王启铭的亲自组织安排下,由职教处组织,业务处室牵头,相关站段和职工培训基地参与,在现场调研的基础上,分专业集体研究编制了编写大纲,按照大纲确定编写内容,并由业务处室把关审稿。

《太中银铁路培训丛书》详细讲述了太中银线先进的技术设备和作业,突出了先进性、针对性、实用性、可操作性,用于太中银铁路职工培训,亦可供技术人员、管理干部以及其他读者参考。

本套丛书共八册,分为《铁路行车技术》、《铁路货运技术》、《铁路客运技术》、《铁路机务技术》、《铁路供电技术》、《铁路工务技术》、《铁路车辆技术》、《铁路通信技术》。在编写过程中得到路局领导、相关业务处室和站段的大力支持与帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编写时间较紧,本书可能存在一些不足,请读者批评指正。

太原铁路局
2011 年 3 月

前 言

“太中银铁路”是位于京包铁路以南、陇海线以北的一条东西向铁路干线,是连接西北、华北的一条大能力、便捷的铁路运输通道,是我国“十一五”规划的重点工程项目,也是太原铁路局第一条高等级铁路。“太中银铁路”于2011年1月1日开通运营,采用了大量新技术,其中铁道车辆也采用了一系列新车型、新技术、新工艺,给车辆运用工作提出了更高的要求。为提高车辆运用部门各级管理、技术和作业人员素质,提高车辆运用质量,太原铁路局组织编写了《铁路车辆技术》一书,作为职工培训教材。

车辆运用维修工作是铁路运输的重要组成部分,做好运用维修工作是保证运输安全的基础。为此,本书的编写以“符合现场实际、解决实际问题、职工作业实用”为原则,内容的选编力求做到理论联系实际、通俗易懂、学以致用。本书内容分安全监控与车号识别、货车部分、客车部分三篇。第一篇安全监控与车号识别部分介绍了“太中银铁路”“5T”设备的分布、使用、维护情况,主要对车辆轴温智能探测系统(THDS)、铁路车号自动识别系统(ATIS)、货车故障轨边图像检测系统(TFDS)三大系统的结构组成、软件安装使用、常见故障及处理作了重点介绍;第二篇货车部分重点介绍“太中银铁路”主型70 t级新型货车及其新型零部件的结构组成、特点、使用维护,以及行包快运专列技术检查作业方式,并以故障案例的形式对货车常见故障做了较全面的介绍,对10类常见货车车辆事故的检查内容及应急处置方法作了简要介绍。第三篇客车部分针对“太中银铁路”电气化牵引200 km/h线路的特点,重点介绍了25K型、25T型客车及其转向架的结构特点、200 km/h铁路特点及运行要求、客车运行安全监控系统(TCDS)、客车电气化区段作业安全及故障应急处置四方面知识,并对CRH3、CRH5型动车组作了简要介绍。本书可作为“太中银铁路”职工的培训教材,也可供技术人员、管理干部以及关心太中银铁路的其他读者参考。

《铁路车辆技术》在曹润国、张岳黄主持下,由刘瑞宏统稿,刘利峰编写第一至四章;郝建华编写第五至九章;马文斌编写第十、十一、十三章;王宁编写第十二章;李忠喜编写第十四章;由高辉主审。

本教材在编写过程中得到太原铁路局车辆处、太原北车辆段和太原车辆段的大力支持与帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编写时间较紧,编者水平有限,难免出现一些疏漏,恳请广大读者批评指正。

编 者
2011年3月

目 录

第一篇 安全监控与车号识别

第一章 车辆运行安全监控系统(5T 系统)	1
第一节 5T 系统概述	1
第二节 太中银线 5T 系统设备布置情况	2
第二章 车辆轴温智能探测系统(THDS)	4
第一节 车辆轴温智能探测系统(THDS)基础知识	4
第二节 车辆轴温智能探测系统(THDS)发展历程	7
第三节 车辆轴温智能探测系统(THDS - A)硬件部分	8
第四节 车辆轴温智能探测系统(THDS - A)软件部分	30
第五节 车辆轴温智能探测系统(THDS - A)常见故障	56
第三章 铁路车号自动识别系统(ATIS)	58
第一节 车号地面识别设备(AEI)	58
第二节 车号地面识别设备(AEI)常见故障及处理	146
第四章 货车故障轨边图像检测系统(TFDS)	148
第一节 货车故障轨边图像检测系统(TFDS - 3)	148
第二节 货车故障轨边图像检测系统(TFDS - 3)线序说明	154
第三节 货车故障轨边图像检测系统(TFDS - 3)常见故障及处理方法	161

第二篇 货车部分

第五章 70 t 级铁路货车	164
第一节 C ₇₀ 、C _{70H} 型敞车	164
第二节 P ₇₀ 、P _{70H} 型通用棚车	168
第三节 X _{4K} 型集装箱平车	172
第四节 NX ₇₀ 、NX _{70H} 型平车 - 集装箱共用车	176
第五节 GN ₇₀ 、GN _{70H} 型黏油罐车	179
第六节 GQ ₇₀ 、GQ _{70H} 型轻油罐车	186
第七节 KZ ₇₀ 、KZ _{70H} 型石砟漏斗车	190
第八节 KM ₇₀ 、KM _{70H} 型煤炭漏斗车	197
第九节 GF ₇₀ 、GF _{70H} 型氧化铝粉罐车	206
第六章 70 t 级铁路货车新型零部件	210
第一节 转 K5 型转向架	210
第二节 转 K6 型转向架	218
第三节 紧凑型轴承	228

第四节 缩短型车轴	233
第五节 17 号车钩	235
第六节 MT-2 型缓冲器	244
第七节 KZW-A 型货车空重车自动调整装置	247
第八节 货车脱轨自动制动装置	250
第九节 制动机主要附件	255
第七章 行包快运棚车	260
第一节 P_{65} (P_{65A} 、 P_{65S}) 型行包快运棚车	260
第二节 PB 型代用棚车	269
第三节 行邮、行包快运专列技术检查作业	273
第八章 铁路货车常见故障应急处置	274
第一节 铁路货车故障处理范围、标准及要求	274
第二节 铁路货车常见故障案例及处理	278
第九章 铁路交通事故、行车设备故障调查与处理	305
第一节 铁路交通事故	305
第二节 行车事故(设备故障)调查处理办法	306

第三篇 客 车 部 分

第十章 200 km/h 铁路特点及运行要求	337
第十一章 新型客车及转向架	343
第一节 25K 型客车简介	343
第二节 25T 型客车简介	345
第三节 CW-200K 型转向架	349
第四节 SW-220K 型转向架	360
第五节 AM96 型转向架	370
第十二章 高速动车组	374
第一节 CRH3 型动车组	374
第二节 CRH5 型动车组	388
第十三章 客车运行安全监控系统(TCDS)	400
第一节 客车运行安全监控系统(TCDS)系统简介	400
第二节 车载无线传输装置	401
第十四章 客车电气化区段作业安全及故障应急处置	407
第一节 客车电气化区段作业安全	407
第二节 电气化区段客车故障应急处置	413
参考文献	417

第一篇 安全监控与车号识别

第一章 车辆运行安全监控系统(5T 系统)

第一节 5T 系统概述

铁路系统内,员工通常对红外线轴温探测系统(THDS)的认识,都比较深刻,一提到货车安全防范系统,就立刻想到红外线。因为货车安全防范系统中,红外线轴温探测系统发展最早,应用最广。

至 2005 年,铁道部开始正式在全国六大干线大力推进 TPDS、TADS、TFDS 系统的建设。自此以后,TPDS、TADS、TFDS 系统在货车安全防范方面发挥了越来越重要的作用,原先单纯意义上的红外线轴温探测系统已被更广泛意义上的地对车安全监控体系所替代。地对车安全监控技术,已经从单一的红外轴温探测,发展为 THDS、TPDS、TADS、TFDS 的综合运用。从最早的红外线一代机人工判别发展为计算机自动判别、全路联网判别、5T 综合判别。

一般意义上的铁路车辆地对车安全监控体系,简称 5T 系统,指的就是车辆轴温智能探测系统(THDS)、车辆滚动轴承故障轨边声学诊断系统(TADS)、货车故障轨边图像检测系统(TFDS)、车辆运行品质轨边动态检测系统(TPDS)、与客车运行安全监控系统(TCDS)组成的地对车安全监控体系。其中 THDS、TPDS、TADS、TFDS 主要运用于货车安全防范,也可准确地称为货车安全防范预警系统(4T)。

一、THDS—车辆轴温智能探测系统(Trace Hotbox Detection System)

利用轨边红外线探头,对通过车辆的轴承温度实时检测,并将检测信息实时上传到路局车辆安全监测站,进行实时报警。通过配套车号识别装置,实现车次、车号跟踪,热轴货车车号的精确预报。THDS 重点探测车辆轴承温度,对热轴车辆进行跟踪报警,重点防范热切轴事故。THDS 实现了联网运行,每个探测站过车和轴温探测信息直观显示,实现跟踪报警。

二、TPDS—车辆运行品质轨边动态监测系统(Truck Performance Detection System)

利用轨道测试平台,对车辆安全指标进行动态监测,重点检测货车运行安全指标脱轨系数、轮重减载率、车轮踏面擦伤、剥离以及货物超载、偏载等危及行车安全的情况。TPDS 重点防范货车脱轨事故,防范车轮踏面擦伤、剥离,防范货物超载、偏载等安全隐患。

三、TADS—车辆滚动轴承故障轨边声学诊断系统(Trackside Acoustic Detection System)

采用声学技术,利用轨边噪声采集阵列,实时采集运行货车滚动轴承噪声,通过数据分析,及早发现轴承早期故障。TADS 重点检测货车滚动轴承内外圈滚道、滚子等故障。TADS 安全防范关口前移,在发生热轴故障之前,对轴承故障进行早期预报。与红外线轴温监测系统互

补,防止切轴事故发生,确保行车安全。

四、TFDS—货车故障轨边图像检测系统(Trouble of Moving Freightcar Detection System)

辅助列检作业的在线图像检测系统。利用轨边高速摄像头,对运行货车进行动态检测,及时发现货车运行故障,重点检测货车走行部、制动梁、悬吊件、枕簧、大部件、钩缓等安全关键部位。TFDS 重点防范制动梁脱落事故,防范摇枕、侧架、钩缓大部件裂损、折断、防范枕簧丢失和窜出等危及行车安全隐患。

五、TCDS—客车运行监控系统(Train Coach Running Detection System)

通过车载系统对客车运行关键部件进行实时监测和诊断,通过无线、有线网络,将监控信息向地面传输、汇总,形成实时的客车安全监控运行图,使各级车辆管理部门及时掌握客车运行及安全情况。TCDS 重点检测时速 160 km 及以上客车轴温、制动系统、转向架安全指标、火灾报警、客车供电、电器及空调系统运行安全状况,防范客车热轴事故,防范火灾事故,防范走行部、制动部、供电、电器及空调故障。

第二节 太中银线 5T 系统设备布置情况

一、5T 系统布点原则

《铁路货车运用维修规程》中要求的货车安全防范系统布点基本原则如下:

1. THDS 探测站沿铁路线路平均距离 30 km 设置,特殊情况不超过 35 km。列检作业场所在车站,进站信号机外均须安装。
2. TFDS 探测站根据列车技术作业的需要设置,布点平均距离为 300 km,须设在列检作业场所在车站的进站信号机外,避开曲线、长大坡道和调速停车等区段,确保探测和动态检查时间的需要。
3. TPDS 探测站在列检到达作业或有调中转作业量较大或终到站的有到达作业的列检作业场所在车站的前方设置,优先在有站修作业场的列检作业场前方设置,布点平均距离为 400 km,避开曲线、长大坡道、调速停车和电气化分相点等区段,确保系统正常探测。
4. TADS 探测站以每条线安装 1 处及以上为原则,布点平均距离为 500 km。
5. 特级列检作业场须同时设置 THDS、TFDS、TPDS 和 TADS 等系统,一级、二级列检作业场根据需要设置,但二级列检作业场必须设置 TFDS。
6. 铁路局交接口列检作业场 TFDS 设置由铁道部统一规划。

二、太中银线 5T 系统设备布置情况

太中银铁路线太原铁路局 5T 设备分布区段为榆次编组场至吴堡段,共配置了 15 台红外线轴温探测设备 (THDS)、2 台铁路车号自动识别系统 (AEI)、1 台货车故障轨边图像检测系统 (TFDS),共 17 处探测站,其中柳林南上下行两台 THDS 设备安装在一处探测站,具体分布情况如下:

THDS:榆次上行、北六堡下行、北六堡上行、清徐下行、清徐上行、文水下行、文水上行、褚家沟下行、褚家沟上行、吴城下行、吴城上行、吕梁下行、吕梁上行、柳林南上下行;

AEI:榆次上行、榆次下行;

TFDS:榆次上行。

太中银铁路线 5T 设备分布见图 1-1。

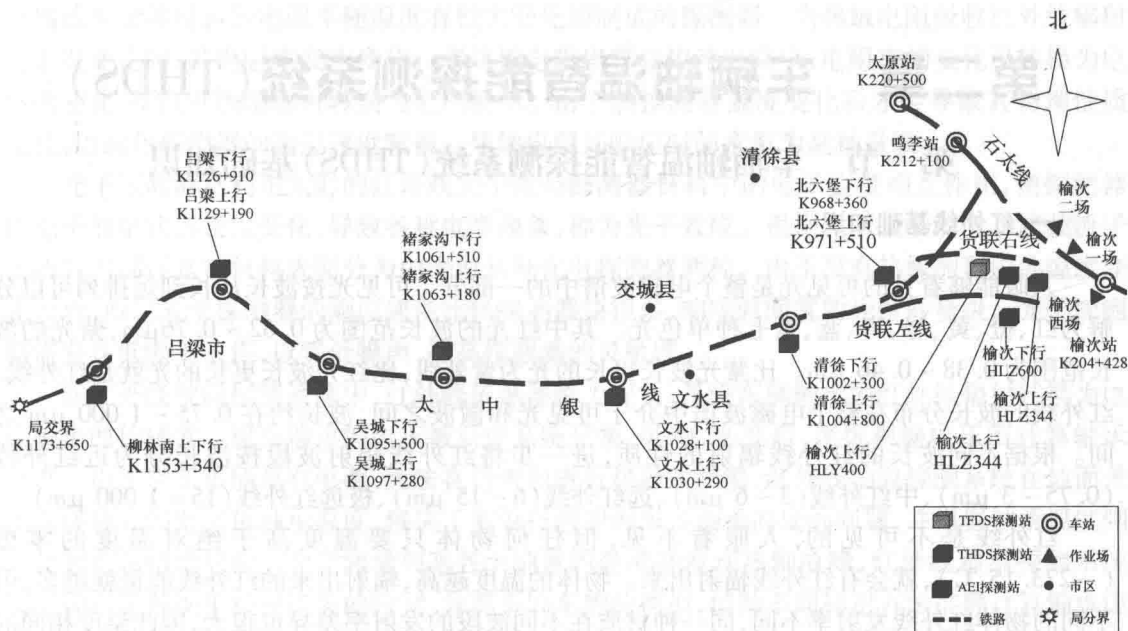


图 1-1 太中银铁路线 5T 设备分布图

太中银铁路线 THDS 数据信号传输路径见图 1-2。

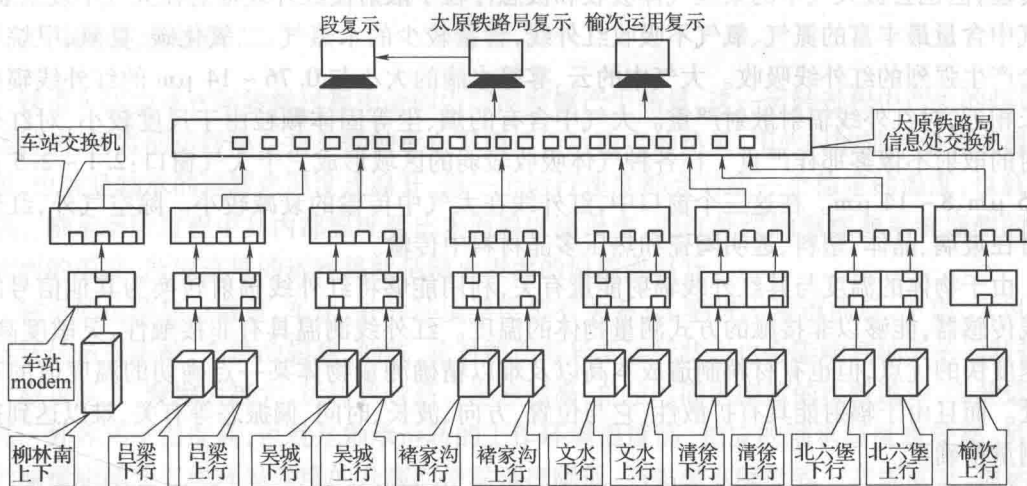


图 1-2 太中银铁路线 THDS 数据信号传输路径图

第二章 车辆轴温智能探测系统 (THDS)

第一节 车辆轴温智能探测系统 (THDS) 基础知识

一、红外线基础知识

人眼能够看见的可见光是整个电磁波谱中的一部分。可见光按波长从长到短排列可以分解为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种单色光。其中红光的波长范围为 $0.62 \sim 0.76 \mu\text{m}$, 紫光的波长范围为 $0.38 \sim 0.46 \mu\text{m}$ 。比紫光波长更长的光为紫外线, 比红光波长更长的光就是红外线。红外线的波长分布在整个电磁波谱中介于可见光和微波之间, 波长约在 $0.75 \sim 1\,000 \mu\text{m}$ 之间。根据不同波长的红外线辐射的性质, 进一步将红外线辐射波段按波长分为近红外线 ($0.75 \sim 3 \mu\text{m}$)、中红外线 ($3 \sim 6 \mu\text{m}$)、远红外线 ($6 \sim 15 \mu\text{m}$)、极远红外线 ($15 \sim 1\,000 \mu\text{m}$)。

红外线是不可见的, 人眼看不见, 但任何物体只要温度高于绝对温度的零度 (-273.15°C), 就会有红外线辐射出来。物体的温度越高, 辐射出来的红外线能量就越多, 但不同的物体红外线发射率不同, 同一种材质在不同波段的发射率差异也很大, 因此温度相同的物体红外线辐射能量不一定相同, 同一物体在不同波段的红外线辐射能量也不同。

绝大多数材料对红外线不透明, 即红外线在绝大多数材料中不能传输。红外线能在大气中传输, 但也会被大气中的某些气体吸收和被悬浮粒子散射使红外线辐射在大气中发生衰减。大气中含量最丰富的氮气、氧气不吸收红外线, 含量较少的水蒸气、二氧化碳、臭氧、甲烷等气体会产生强烈的红外线吸收。大气中的云、雾等水滴的大小与 $0.76 \sim 14 \mu\text{m}$ 的红外线辐射的波长相近, 对红外线辐射散射严重。大气中含有的烟、尘等固体颗粒由于尺度较小, 对红外线辐射的散射不像雾那样严重。在各种气体吸收较弱的区域形成三个大气窗口: $2.1 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 、 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 、 $8 \sim 14 \mu\text{m}$ 。在这三个窗口中, 红外线在大气中传输的衰减较小。除空气外, 红外线也可在玻璃、晶体、塑料、透明陶瓷和热压多晶材料中传输。

由于物体的温度与其红外线辐射能量有关, 利用能够将红外线辐射转换为其他信号的红外线传感器, 能够以非接触的方式测量物体的温度。红外线测温具有非接触性、灵敏度高、检测速度快的优点, 但也有材料制造成本高以及难以精确测量物体某一点确切的温度值的不足之处。而且由于辐射能具有扩散性, 它与位置、方向、波长、时间、偏振态等有关, 难以达到很高的测量精确度。

红外线传感器一般由光学系统、红外线探测器、信号放大及处理电路等部件组成, 交流放大传感器还有调制盘及电机, 某些探测器需要在低温条件下工作, 因此有的红外线传感器还包括探测器的制冷装置。红外线传感器基本上是一个光学—电子系统, 将接收到的红外线辐射转换成电信号, 再通过后续其他系统对该电信号的采集、处理、计算, 达到测量温度的目的。

红外线探测器是红外线传感器的核心, 利用红外线辐射与物质相互作用所呈现的物理效应来探测红外线辐射。根据对红外线辐射响应方式的不同, 红外线探测器分为热探测器和光子探测器两大类。

热探测器的工作原理是入射的红外线能量使探测器温度升高, 而导致探测器的某些物理

性质发生变化,并进而转换成可测量的信号,就可确定入射红外线能量的大小。热探测器主要有四类:热释电型、热敏电阻型、热电阻型和气体型。热敏电阻是热探测器的一种,是利用某些金属或半导体材料的电阻率随温度有较大变化而制成的探测器。当热敏电阻吸收红外线辐射而温度变化时,其电阻率发生变化。将热敏电阻串联在恒流电路中,电阻率的变化可转换为电压的变化,则红外线辐射可转换为电压输出。由于热探测器温度变化后才会导致其物理性质变化,因此热探测器的响应速度较慢。热敏电阻的响应时间常数为毫秒量级。

光子探测器是利用入射的红外线光子流与探测器材料中的电子直接相互作用,使探测器的电子能量状态发生变化,导致各种电学现象,称为光子效应。根据光所激发的电子或载流子在材料内部还是在材料表面分为内光电和外光电探测器两种。由于没有热探测器中的温度变化过程,所以光子探测器的响应速度比热探测器快很多,响应时间常数为微妙量级。光子探测器需要在低温下工作,以降低噪声,提高探测器的灵敏度。

在红外线轴温探测系统中,红外线传感器称为探头,是将车辆轴承的红外线辐射转换为电压输出的传感器。探头输出的电压被后续系统采集、处理、转换后,系统根据电压值计算轴承温度。由于货车车辆没有电源,无法在行进中进行接触式测温,红外线轴温探测系统在地面采用非接触式测温测量轴承温度,解决了测量行进中列车各轴承温度的问题,并根据轴承温度判断是否存在热轴故障。为了测量列车各个轴承的温度并发现热轴故障,红外线轴温探测系统要准确定位各轴承经过探头的时刻,分辨不同车辆的类型,借助不同标定方法准确计算轴承温度,并按照一定算法计算、判断热轴故障及其等级。由于探头安装在轨边,还要保证在强震动、强电气干扰、潮湿、粉尘、高低温等各种露天环境下能够持续地正常工作。同时系统在计算轴温时还要识别、排除各种异常热源、光源的干扰信号。

二、轴承的运转热

铁道车辆轴承在运转的过程中会因内部的摩擦产生热量,这一运转过程中产生的热量,就是运转热,通常的运转热是指车辆轴承在平稳运行后稳定的热量,用此时的轴承温度或温升来表示,也就是轴承的运转热温度或温升,每一个运行速度都会对应一个稳定的温度,也就是运转热。轴承运转过程中其内部温度要比表面温度高得多,而红外线轴温探测系统探测的是轴承表面的温度,所以这里的运转热就是轴承表面的温度或温升。

轴承的运转热与载重、车速、外界环境温度都有关系;车辆进出隧道前后、下雨、大风都会对运转热造成影响;车辆的超载、偏载、轮对擦伤等异常运行状态也会影响到轴承的运转热。

载重越大,摩擦力越大,运转热越高。车速越高,单位时间内摩擦的次数越多,因此运转热越高。外界环境温度高,也就是轴承运转的工作环境温度高,相应的轴承温度也较高,另外轴承的润滑脂随着工作环境温度的升高而使黏稠度降低,当黏稠度降低到一定程度时,轴承表面就会油膜不够,油脂的润滑作用会减弱,当润滑作用失效时,就会造成轴承破坏。车辆的超载、偏载、轮对擦伤等异常运行状态也会破坏油膜;当载重、车速、外界温度达到临界值时,也会破坏油膜,造成轴承结构发生变化。

轴承的温度会因季节,外界的环境温度变化而有较大的变化。如在哈尔滨铁路局夏天最高的环境温度可以达到 35°C ,冬天的环境温度可以达到 -40°C 。环境温度差可以达到 75°C 。同样轴承的温度夏天最热和冬天最冷时也可能相差 75°C 以上。所以在红外线轴温探测中,我们通常采用温升来表示轴承的运转热温度。温升是指轴承的表面温度减去其所在的环境温度。温升受环境温度的影响较小,不会随着环境温度的变化而发生大的变化,所以在红

外线轴温探测系统中,我们通常采用温升来表示轴承的运转热,也用温升来判别是否有热轴发生。当然,也会在某些特定的情况下,采用温度来判断热轴。

三、故障热

滚动轴承在运转过程中可能会由于各种原因引起损坏,如装配不当、润滑不良、水分和异物侵入、腐蚀和过载等都会导致轴承过早损坏。即使在安装、润滑和使用维护都正常的情况下,经过一段时间运转,轴承也会出现疲劳剥落和磨损而不能正常工作。总之,滚动轴承的故障原因是十分复杂的。滚动轴承的主要故障形式与原因如下:

1. 疲劳剥落

滚动轴承的内外滚道和滚动体表面承受载荷又相对滚动,由于交变载荷的作用,首先在表面下一定深度外(最大剪应力处)形成裂纹,继而扩展到接触表面使表层发生剥落坑,最后发展到大片剥落,这种现象就是疲劳剥落。

疲劳剥落会造成运转时的冲击载荷、振动和噪声加剧。通常情况下,疲劳剥落往往是滚动轴承失效的主要原因,一般所说的轴承寿命就是指轴承的疲劳寿命,轴承的寿命试验就是疲劳试验。

试验规程规定,在滚道或滚动体上出现面积为 0.5 mm^2 的疲劳剥落坑就认为轴承寿命终结。滚动轴承的疲劳寿命分散性很大,同一批轴承中,其最高寿命与最低寿命可以相差几十倍乃至上百倍,这从另一角度说明了滚动轴承故障监测的重要性。

2. 磨损

由于尘埃、异物的侵入,滚道和滚动体相对运动时会引起表面磨损,润滑不良也会加剧磨损,磨损的结果使轴承游隙增大,表面粗糙度增加,降低了轴承运转精度,因而也降低了车辆轮对的运动精度,振动及噪声也随之增大。

此外,还有一种微振磨损。在轴承不旋转的情况下,由于振动的作用,滚动体和滚道接触面间有微小的、反复的相对滑动而产生磨损,在滚道表面上形成振纹状的磨痕。

3. 塑性变形

当轴承受到过大的冲击载荷或静载荷时,或因热变形引起额外的载荷,或有硬度很高的异物侵入时都会在滚道表面上形成凹痕或划痕。这将使轴承在运转过程中产生剧烈的振动和噪声。而且一旦有了压痕,压痕引起的冲击载荷会进一步引起附近表面的剥落。

4. 锈蚀

锈蚀是滚动轴承最严重的问题之一,高精度轴承可能会由于表面锈蚀导致精度丧失而不能继续工作。水分或酸、碱性物质直接侵入会引起轴承锈蚀。当轴承停止工作后,轴承温度下降达到露点,空气中水分凝结成水滴附在轴承表面上也会引起锈蚀。此外,当轴承内部有电流通过时,电流有可能通过滚道和滚动体上的接触点处,很薄的油膜引起电火花而产生电蚀,在表面上形成搓板状的凹凸不平。

5. 断裂

过高的载荷可能引起轴承零件断裂。磨削、热处理和装配不当都会引起残余应力,工作时热应力过大也会引起轴承零件断裂。另外,装配方法、装配工艺不当,也可能造成轴承套圈挡边和滚子倒角处掉块。

6. 胶合

在润滑不良、高速重载情况下工作时,由于摩擦发热,轴承零件可以在极短时间内达到很

高的温度,导致表面烧伤及胶合。所谓胶合是指一个零部件表面上的金属黏附到另一个零部件表面上的现象。由于装配或使用不当可能会引起保持架发生变形,增加它与滚动体之间的摩擦,甚至使某些滚动体卡死不能滚动,也有可能造成保持架与内外圈发生摩擦等。这一损伤会进一步使振动、噪声与发热加剧,导致轴承损坏。轴承的密封罩脱出,会造成甩油,轴承润滑不良,最终也会造成轴承损坏。

故障热就是轴承在发生故障后,由于轴承润滑不良,产生比正常运转热要高得多的热量,反映在轴承的温升或温度上是通常运转热的数倍,所以称为故障热。车辆轴承出现故障热时,我们称之为热轴。发生热轴的轴承可能存在轴承故障,但是不能说一定就是轴承发生了故障。因为轴承油脂过多或者轴承装配时发生过盈配合都可能使得轴承产生过热。这是轴承的温升确实达到了故障热的程度,也就是符合了热轴预报的标准。但是轴承是否有故障还要看轴承的分解结果。车辆轴承在运行过程中因轴承故障发热,在外观上表现为油脂燃烧、冒烟、轴承变色称之为燃轴。滚动轴承燃轴后,随着保持架、滚子的断裂、破碎而逐步溶化,导致轴承内圈、保持架、滚子、外圈完全黏着在一起,使轴承失去滚动作用,从而使轮对无法正常转动,这种现象称为轴承卡死。轴承卡死后,将导致车轴与轴承内圈装配处的温度急速升高,达到一定温度后,导致车轴强度下降、变形、缩颈、拉长,最终切断车轴。这种现象称为热切轴。

轴承运转过程中,其轴温会受到很多因素的影响。主要包括:车速、载重、环境温度、迎风面、顺风面、阳光面、背光面等。轴承运转热也受到车辆运行状态的影响,如超载、偏载等。

第二节 车辆轴温智能探测系统 (THDS) 发展历程

一、一代机

建国以后,我国进入了一个振兴发展阶段,当时没有任何仪器设备可以用来检查和测量轴承温度,更没有提前预报热轴,只能通过列检人员眼看和手摸来确定燃轴和热轴。严寒、酷暑、雨雪、风雹,只要火车不停,列检人员就必须通过眼看和手摸来完成轴温检查作业。1958年科研人员开始研究利用红外线技术探测铁路货车轴承温度。经过15年的艰苦努力,1973年成功研制出了第一台样机,1977年 HZT-1A 型描笔式红外线轴温探测器通过了技术鉴定,1978年在全路各编组站、区段站推广运用。HZT-1A 型描笔式红外线轴温探测器由一对探头、发送端机和接收端机三大部分组成。探头和发送端机安装在进站咽喉处区间一侧,接收端机安装在列检所内。接收端机的描笔式记录仪绘出与轴温信号成正比的轴温等高线,值班员查看轴温等高线,通过计算某一轴与该轴均值比大于规定的数值,确认其是疑似热轴,立即通知列检人员检查处理。当时以探测滑动轴承为主,适应列车速度 5~70 km/h。一代机没有数据处理、储存记忆、显示打印和报警的功能。

二、二代机

随着铁路运输的发展和铁道车辆技术结构的变化,全路客、货车辆逐步实现了滚动轴承化,一代机已不能适应新形势的要求。铁路的发展迫切需要与其相适应的新型红外线设备,在1985年研制出第一台样机,经过现场运用不断改进提高,于1987年通过科技鉴定并进行推广使用。

二代机是当时对红外线设备的简称,主要由探测站设备、中央处理机设备、传输通道等组

成,适应列车速度为 5 ~ 120 km/h,探头测得的轴温数据由探测站主机储存、处理后,经专用通道传输至中央处理机,对热轴进行跟踪预报,实时通知有关部门拦停列车并对热轴进行检查处理。二代机具有探测点无需人员值守、可实施网络布点、热轴跟踪、人机对话便捷等特点,能自动测速、自动计轴计辆、自动探测轴温、自动识别客货车辆、自动识别滚动和滑动轴承,可实时进行热轴报警,连续跟踪,预报热轴分为微热、强热、激热等三个等级,可长期保存探测列车的数据和信息。热轴判别按照温升的辆倍比、列倍比和温度定量确定。

三、三代机

为适应铁路提速战略的实施,科研人员适时研制了满足 120 km/h 的高速热敏元件直流探头、满足 240 km/h 的交流调制探头和适应 360 km/h 的光子探头,后者采用了自适应测量技术,研制相关硬件和相应控制软件,实现了高速度和高精度探测轴温。由于敏感元器件采用半导体制冷和密封充氮技术使得探头的可靠性和使用寿命大幅度提高。为了实现故障热轴的精确跟踪,红外线轴温探测系统加装了车号自动识别装置,避免了误拦和误甩情况的发生,做到了热轴跟踪的无差错,实现了全路范围内全线联网、全程跟踪。热轴判别增加微热温升跃升的跟踪判别;并且开始处理环境温度、速度和车型等因素带来的影响;增加用模式识别技术判断热轴波形。这样的红外线设备称为三代机,在 2002 年通过科技鉴定,并大量推广。

三代机还有一个显著特点是实现了数据传输通道的突破,将专用音频话路通道提升为数字通道,传输速率由 1.2 kbit/s 提高到 2 Mbit/s。

四、四代机

随着铁路高速、重载、长交路直通列车的开行,通过历次铁路提速的实践和考验,红外线设备取得了又一次的突破,通过双探头技术和全息采集技术,能够自动剔除阳光干扰和轴承密封罩摩擦热造成的设备误报。2005 年安排在大秦线和其他线路进行双角度探测试验,获得了全路各种类型车辆的宝贵技术数据。2006 年按照统一的标准、统一制式的要求,基于数据库和网络智能化,研制出了新一代的红外线设备,并通过了科学技术鉴定,简称四代机或统型机。

四代机具有如下四项突出特点:

1. 统一技术标准,关键零部件实现了互换,便于维护,并为下一步统一热轴判别标准奠定了基础,使铁路局间跟踪数据更有可比性。
2. 采用双探头技术和全息采集技术,从轴承的中隔圈和密封罩两个位置采集温度,既能避免部分车型结构性漏探,又能避免阳光干扰和接触式密封装置摩擦热造成的误报,进一步提高了热轴预报的准确性、可靠性。
3. 能够与 5T 信息进行对接,为实现综合预报奠定了基础。
4. 利用数据库和网络智能化技术,完善了数据统计分析功能、设备故障的自检功能。

第三节 车辆轴温智能探测系统 (THDS - A) 硬件部分

THDS - A 型探测站系统主要由轨边设备、室内硬件和探测站软件三部分组成。轨边设备主要完成轴承辐射热量的接收和靶温的采集;室内硬件设备在系统信号流中处于轨边设备与探测站软件之间,接收探测站软件的下发的指令,控制轨边设备并且处理轨边设备采集进来的

信号,接轨边信号处理后上传给探测站软件;探测站软件根据当前的工作状态下发控制指令,并且接收室内硬件上来的信号,处理信号,并且进行磁头波形识别、计轴、判辆、热轴判别、自检等操作,最终把结果上传到路局中心。三者之间的信号流程如图 2-1 所示。

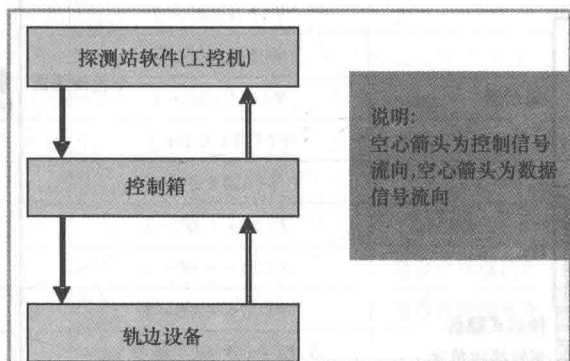


图 2-1 THDS-A 信号流程图

一、THDS-A 系统构成

THDS-A 型红外线轴温探测系统探测站设备由轨边设备和机房内设备组成。轨边设备包括红外轴箱扫描器(也叫做探头箱,内装探头)、卡轨器、钢编管、车轮传感器(又称磁头,磁钢)及支架、环境温度传感器及环温箱、分线箱;机房内设备安装在机柜中,包括工业计算机(IPC)、显示器、键盘鼠标、控制箱、车号智能跟踪装置、远程管理机、电源箱、防雷设备。轨边设备和机房内设备之间由电缆连接。

探测站硬件设备总体技术指标:

1. 探测站主机:工控机,CPU P4 3.0 G,内存 1 G,硬盘 80 /160 GB。PCI 总线插槽 7 个,ISA 总线插槽 2 个,USB2.0 接口 4 个,配置 100 M 网卡,配备显示器、键盘和鼠标。平均无故障间隔时间(MTBF)50 000 h 以上。
2. 采集卡:32 通道,采样速率 200 kHz。
3. 防雷装置:采用 CITEL 防雷设备。
4. 地线设置:防雷和设备共用一个地线,地线接地电阻小于 4 Ω 。
5. 远程管理机:音频拨号接口。
6. 交流电:探测站提供交流电电源需满足电压 220 V(- 20% ~ + 15%),频率 50 ~ 60 Hz,单向设备额定功率 600 W,双向设备额定功率 1 000 W。
7. 车轮传感器:采用具有高灵敏度和高抗电气化干扰能力的高信噪比的、经过铁道部评审认可的产品。

探测站设备构成如图 2-2 所示。

二、THDS-A 技术指标

1. 探测站采用光子探头与热敏探头相结合的双下探方式,自动探测客、货车辆的热轴。
2. 自动识别机车、客车、货车。
3. 自动测速;适应车速:光子探头 5 ~ 360 km/h;热敏探头 5 ~ 160 km/h。
4. 系统测温精度:静态标定在温升 40 $^{\circ}\text{C}$ 时,误差为 -2 $^{\circ}\text{C}$ ~ +2 $^{\circ}\text{C}$,温升 70 $^{\circ}\text{C}$ 时,误差为