

研
究
开
发

轨道交通交流牵引电机检修线的设计

吕华强¹, 黎 莎¹, 黎英豪¹, 张树申¹, 张文强²

(1. 北京铁道工程机电技术研究所有限公司, 北京 100070;
2. 北京交通委运输管理局, 北京 100083)



作者简介: 吕华强(1979-), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为机电一体化。

摘 要: 基于我国新型动车组、大功率机车和地铁车辆均采用交流牵引电机为动力的现状, 提出研制现代化的交流电机检修线, 阐述交流牵引电机检修工艺流程和工位的设计原则, 并以动车组的交流牵引电机检修线为例, 介绍输送装置、主要设备、信息管理系统的结构和功能, 分析经济和社会效益。

关键词: 交流牵引电机; 检修线; 动车组; 大功率机车; 地铁车辆; 轨道交通

中图分类号: U269.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-128X(2013)04-0039-05

Overhauling Line Design for Rail Transit AC Traction Motor

LVHua-qiang¹, LISHa¹, LIYing-hao¹, ZHANG Shu-shen¹, ZHANG Wen-qiang²

(1. Beijing Railway Institute of Mechanical and Electrical Engineering Co., Ltd., Beijing 100071, China;

2. Transportation Administration Bureau, Beijing Municipal Commission of Transport, Beijing 100083, China)

Abstract: In view of the fact that new EMUs trains, high power locomotives and metro vehicles in our country all adopt ac traction motor as power, developing modern AC traction motor overhauling line, this paper elaborated the technical flow of AC traction motor maintenance and the principles of workstation design, and took AC traction motor overhauling line of EMUs for example to introduce the line's convey-device, major equipment and the structure and function of its information management system, as well as analyzed the society and economic benefits.

Key words: AC traction motor; overhauling line; EMUs; high power locomotive; metro vehicle; rail transit

0 引言

随着我国交流传动动车组、大功率机车和地铁车辆的发展迅速, 为了提高交流牵引电机的检修效率和质量, 确保列车的正常运行和安全, 按现代化流水线工艺建设交流牵引电机检修线已是轨道交通的迫切任务。本文着重介绍交流牵引电机检修工艺流程和总体设计, 并以动车组的交流牵引电机检修线为例, 介绍输送装置、主要设备、信息管理系统的结构和功能。

1 检修线总体介绍

目前我国的交流牵引电机型号众多, 外形尺寸和技术参数亦各不相同(其中动车组有4种, 大功率机车有8种, 地铁车辆有5种), 但是所有交流牵引电机的基本结构差别不大, 可以采用相同的检修工艺流程。根据现代轨道交通的交流牵引电机检修规程的规定, 动

车组分为3级修、4级修和5级修, 大功率机车分为2年检和6年检。其中动车组的5级修、大功率机车的6年检和地铁车辆运行 15×10^5 km均需进行交流牵引电机的大修。交流牵引电机检修工艺流程的设计应能满足大修项目和内容的要求, 并且具有兼容同类交流牵引电机检修的能力。

交流牵引电机检修线本着检修节拍的均衡性、人员操作的方便性、电机和载体循环的合理性、繁重作业机械化、危险工位自动化的设计原则, 采用成熟、可靠、实用的新工艺、新技术、新材料和新设备, 并通过自动输送装置和轨道输送车将各工位联结成一条闭式交流电机检修流水线。它主要由输送装置、检修设备、信息管理系统等组成。

工位布置遵循流转合理、在线检修、省时省力和技术先进的原则, 工位的确定首先要对交流牵引电机的检修过程进行深入的调查研究, 然后再将检修内容作合理的分解和合并, 使各工位的检修时间(节拍)保持均衡, 以获得最大的检修能力。表1为动车组和大功

率机车的交流牵引电机检修工位明细表。由表1可知,在动车组和大功率机车交流牵引电机检修的22个工位中,有17个工位的节拍为30 min,5个工位的节拍为25 min。按最大节拍的30 min和8 h工作制计算,每天可完成16台交流牵引电机检修。

表1 动车组和大功率机车的交流牵引电机检修工位明细表

检修区	工位	检修项目	检修时间/min
准备区	1	吹扫	25
准备区	2	修前测试	30
解体区	3	输出端拆解	25
解体区	4	附件拆卸	30
解体区	5	转子和定子分离	30
解体区	6	轴承拆解	30
清洗干燥区	7	附件清洗	30
清洗干燥区	8	转子清洗	30
清洗干燥区	9	定子清洗	30
清洗干燥区	10	定子真空干燥	30
清洗干燥区	11	部件喷漆	30
测试区	12	转子动平衡试验	30
测试区	13	转子检测	25
测试区	14	附件检测	30
测试区	15	定子探伤	30
测试区	16	定子检测	30
组装区	17	轴承组装	30
组装区	18	端盖组装	30
组装区	19	转子和定子组装	30
组装区	20	附件组装	25
组装区	21	输出端组装	25
综合试验区	22	电机综合试验	30

2 检修工艺流程

交流牵引电机的检修工艺流程如图1所示。

1) 电机吹扫

电机吹扫包括电机表面污垢清除以及电机内部灰尘吹扫。

2) 修前测试

修前测试包括外观检查,测量绕组冷态直流电阻、绕组对地绝缘电阻、轴承对地绝缘电阻、速度传感器波形输出、电机空载试验。

3) 电机拆解

电机拆解包括拆卸输出端联轴器或齿轮、拆卸附件和端盖、定转子分离、拆解转子两端轴承。

4) 定子清洗吹干、附件超声波清洗、转子附件清洗干燥

此工艺工程包含定子高温喷淋清洗、定子真空烘干、附件超声波软化、转子及附件高温喷淋清洗、转子及附件热风循环烘干。

5) 部件尺寸及电器性能检测

部件尺寸及电器性能检测包括定子匝间绝缘、绝缘耐压和介质损耗检测,转子不平衡量,导条、转轴尺寸检测,附件尺寸检测。

6) 电机组装

电机组装包括拆转子两端轴承组装、定转子组装、端盖及附件组装、输出端联轴器或齿轮组装。

7) 综合试验

综合试验包括测量绕组冷态直流电阻、绕组对地绝缘电阻、轴承对地绝缘电阻、速度传感器输出波形、磨合试验、匝间耐压试验、绝缘耐压试验、电机空载试验、电机振动试验、堵转试验、轴承温升试验等。

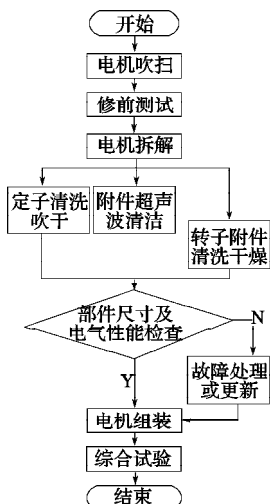


图1 交流牵引电机检修工艺流程

3 输送装置

输送装置是交流牵引电机检修线的基础,其作用是通过托盘将交流牵引电机的整机、转子、定子和附件输送到各个工位进行检修。

不同车型的交流牵引电机结构虽有差别,但输送装置的布置和组成大同小异。

下面以上海动车客车段的DJX-1A型交流牵引电机检修线为例,介绍输送装置和主要检修设备布置(图2)。输送装置的主要技术参数列于表2。

表2 输送装置的主要技术参数

项目	参数
电源	380 V
总功率	60 kW
输送速度	3 m/min
承压能力	800 kg/m ²
距地高度	700 mm
宽度	900 mm
长度	120 m
托盘尺寸	800 mm × 800 mm
气源	0.4~0.7 MPa
噪声	75 dB

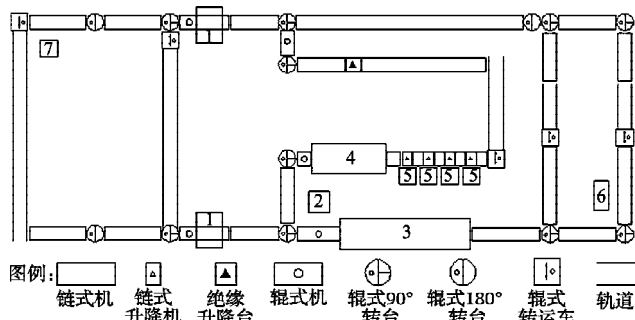


图2 输送装置和主要检修设备布置

输送装置由链式机、链式升降机、链式绝缘升降台、辊式机、辊式90°转台、辊式180°转台、辊式转运车和轨道等组成,形成一条闭式循环的电机和托盘流水线。

3.1 链式机

链式机(图3)在输送装置中应用最多,它具有电

机零部件输送和存储2种功能。当链式机通过传动减速器和链式传动驱动输送链时, 能将托盘上的电机零部件输送到下续工位。当气动阻挡器上升时, 托盘和工件被阻止, 可进行缓存和检修。

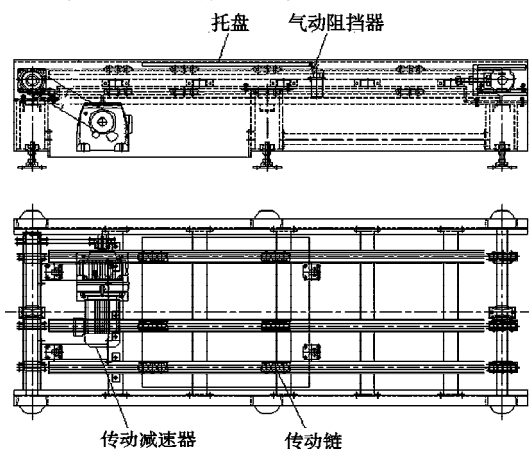


图3 链式机

3.2 链式升降机

链式升降机(图4)安装在定子真空干燥箱入口的侧面, 其作用是将清洗后的定子送入或取出真空干燥箱。它具有纵向输送、横向输送和上下升降三维运动功能。纵向传动链的驱动方式与链式机相同。横向传动链固定在升降台上, 由横动减速器驱动。当压缩空气进入气缸举起升降台时, 横向传动链即可向真空干燥箱取送定子。当升降台降落时, 定子和托盘与横向传动链脱离接触, 由纵向传动链传递到下续工位。

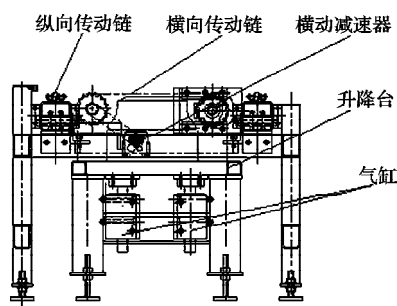


图4 链式升降机

3.3 链式绝缘升降台

链式绝缘升降台(图5)专供定子进行耐压试验使用。其结构与链式升降机相似, 但无横向传动链。为确保高压试验的绝对安全性, 在升降台的顶面上装有12 mm厚的绝缘板, 并通过气缸将升降台上升80 mm, 使托盘和定子与传动链脱离接触。

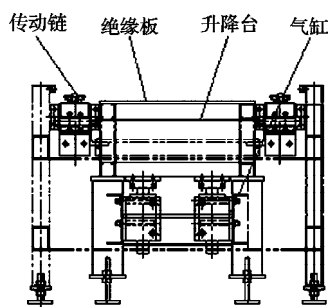


图5 链式绝缘升降台

3.4 辊式机

辊式机(图6)与链式机的区别在于用输送辊取代传动

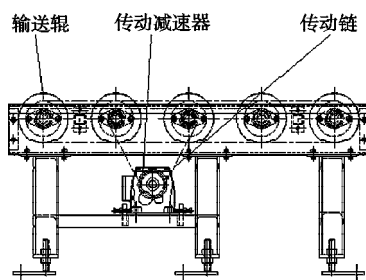


图6 辊式机

链, 其优点是具有良好的输送平稳性和水平度, 主要用于清洗机设备之前, 保证托盘的顺利过渡和转接。辊式机由传动减速器通过传动链整组驱动辊子。

3.5 辊式转台

输送装置中的辊式转台(图7)按转动角度的不同分为90°转台和180°转台。辊式90°转台用于直角转向, 实现工件分流和形成闭式循环线。辊式180°转台用于变换方向, 解决检修人员跨线作业问题。辊式转台的输送辊传动方式与辊式机相同。输送辊的回转由转动减速器通过一对圆柱传动齿轮完成。

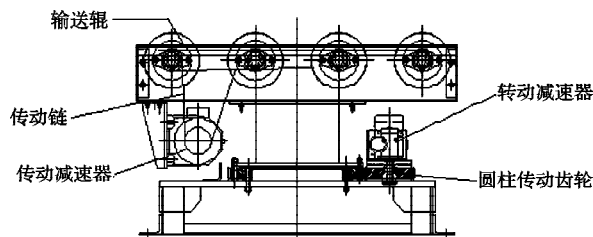


图7 辊式转台

3.6 辊式转运车

为了便于处理电机检修过程中的问题和设备故障, 在输送装置的纵向有一条供人员和车辆通行的中间通道。中间通道的存在使输送装置的循环中断。辊式转运车(图8)的功能就是解决中间通道的工件转运问题。辊式转运车为双轴轨道车, 其中的主动轮对由走行减速器通过传动链驱动, 在地平面的轨道上行走, 输送辊的传动方式与辊式机相同。

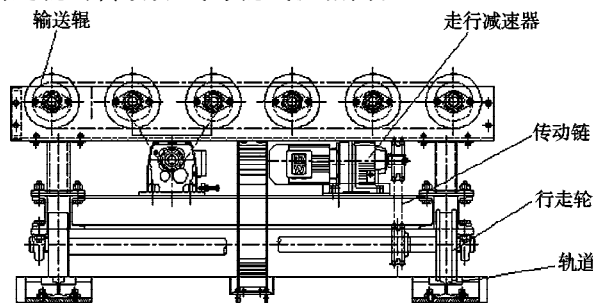


图8 辊式转运车

4 主要检修设备

DJX-1A型交流牵引电机检修线的检修设备品种共有40多种, 数量达到80余台。由图2可见, 检修设备的配置遵循下列原则:

①最大限度地满足在线检修的要求。例如转子定子拆装机、定子耐压试验台、定子清洗机和转子清洗机均为在线安装, 电机零部件的检测亦为在线进行。

②对于实际检修时间大于工位节拍的检修项目, 采用多台设备并列布置的办法解决。例如动车组1台交流牵引电机定子的实际真空干燥时间为2 h, 而表1工位10的定子真空干燥节拍为30 min, 因此需要配置4台并列布置的真空干燥箱, 并利用链式升降机将定子送入和取出真空干燥箱。

③无法在线安装的检修设备应尽量布置在输送装置附近的流水线附近,并配备悬臂吊和机械手,以保证机械化程度在90%以上。例如电机附件超声波清洗机、转子平衡机和电机综合试验台等均布置在悬臂吊和机械手工作范围内。

下面介绍几种主要检修设备。

4.1 转子定子拆装机

转子定子拆装机(图9)的功能是将电机转子从定子中拆出或装入。为了实现转子定子拆装机的连接器与转子轴精确定位,连接器具有上下、左右、摆动和前后4个可调自由度。上下运动通过电机1和螺母丝杆完成。左右运动为电机2经螺母和丝杆实现。摆动由电机3驱动,可调节连接器摆动角 $\pm 2^\circ$ 。前后调节由手轮驱动沿导轨往复运动。主要技术参数见表3。

表3 转子定子拆装机的主要技术参数

项目	参数
上下调节范围	$\pm 100\text{ mm}$
前后运动行程	1 300 mm
左右调节范围	$\pm 25\text{ mm}$
摆动角度	$\pm 2^\circ$
转子连接精度	$\leq \pm 0.15\text{ mm}$
转子推拉力	$\leq 100\text{ N}$
有效载荷	2 200 kg

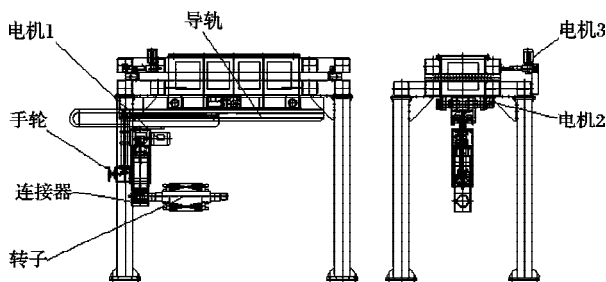


图9 转子定子拆装机

4.2 定子清洗机

定子清洗机(图10)用于定子清洗、漂洗和吹干。它主要由清洗室、水箱、喷管、循环系统和传动链等组成。清洗室顶部安装冷凝器除雾,室内有清洗、漂洗和压缩空气吹干3套喷管。水箱位于清洗室下部,采用双层保温结构,清洗液由电加热。清洗液循环系统中包括水泵、袋式精滤器、油水分离器和滤网等。传动链由传动减速器驱动运行。转子清洗机的结构与定子清洗机基本相同,差别仅为转子清洗机增加电力烘干工序。表4为定子清洗机的主要技术参数。

表4 定子清洗机主要技术参数

项目	参数
电源	AC 380(1 $\pm$ 10%)V, 50 Hz
输送速度	0.18~1.8 m/min 无级步进
清洗节拍	< 25 min
输送链承载能力	$\geq 1\,000\text{ kg/m}^2$
清洗压力	0.5 MPa
清洗温度	70 $^\circ\text{C}$
油水分离器	$N=0.12\text{ kW}$, $Q=0.8\text{ L/min}$
冷凝器	$N=10\text{ kW}$, $Q=120\text{ m}^3/\text{h}$

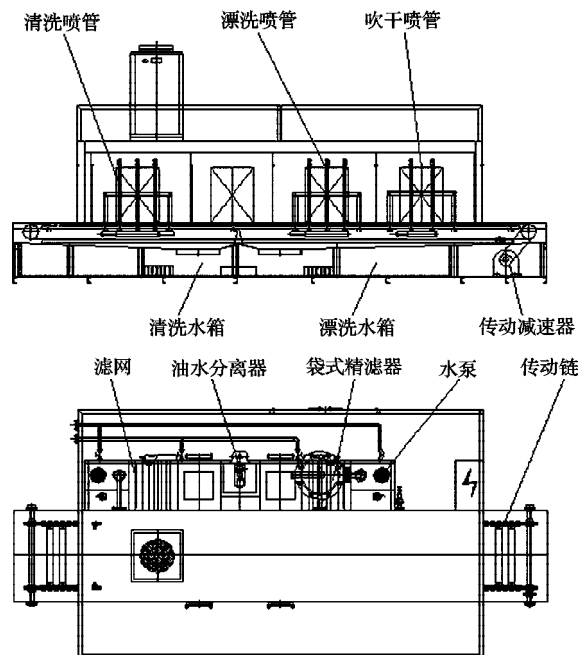


图10 定子清洗机示意图

4.3 真空干燥箱

动车组交流牵引电机检修线的真空干燥箱(图11)共有4台,专供清洗后的定子进行真空干燥之用。真空干燥箱由箱体、输送辊、电热器和真空系统组成。箱体为双层保温结构,升降门由传动减速器1通过传动链开闭。输送辊采用传动减速器2和传动链驱动。电热管由U型不锈钢管制成,安装在箱体两侧的两侧和底部。真空系统包括电动真空泵、真空表、止回阀和缓冲罐等。表5为真空干燥箱主要技术参数。

表5 真空干燥箱主要技术参数

项目	参数
电源	AC 380(1 $\pm$ 10%)V, 50 Hz
真空泵功率	3 kW
电热管功率	12 kW
温度范围	常温~180 $^\circ\text{C}$ 可调
干燥方式	恒温自控
温度均匀性	$\pm 6\text{ }^\circ\text{C}$
仪表精度	$\leq \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$
干燥周期	$\leq 2\text{ h}$

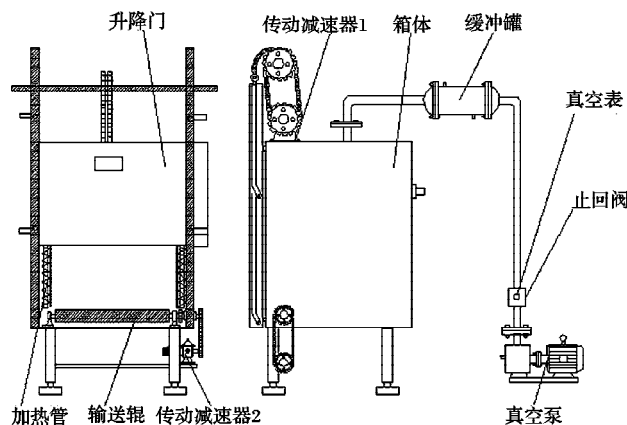


图11 真空烘干箱示意图

5 信息管理系统

信息管理系统的作用是对交流牵引电机检修线的

信息进行综合管理,通过计算机技术集成管控各子系统和功能模块,实现对上级系统和其他外部系统的互联互通,确保交流牵引电机检修优质、高效和安全。

信息管理系统主要由硬件平台、网络平台、应用软件系统3部分组成。

硬件平台是信息管理系统操作和运行的基础,由数据库服务器、业务管理服务器、子系统接口、操作台和管理中心等组成。所有设备均采用TCP/IP通信协议以实现信息自动交换。硬件平台结构如图12所示。

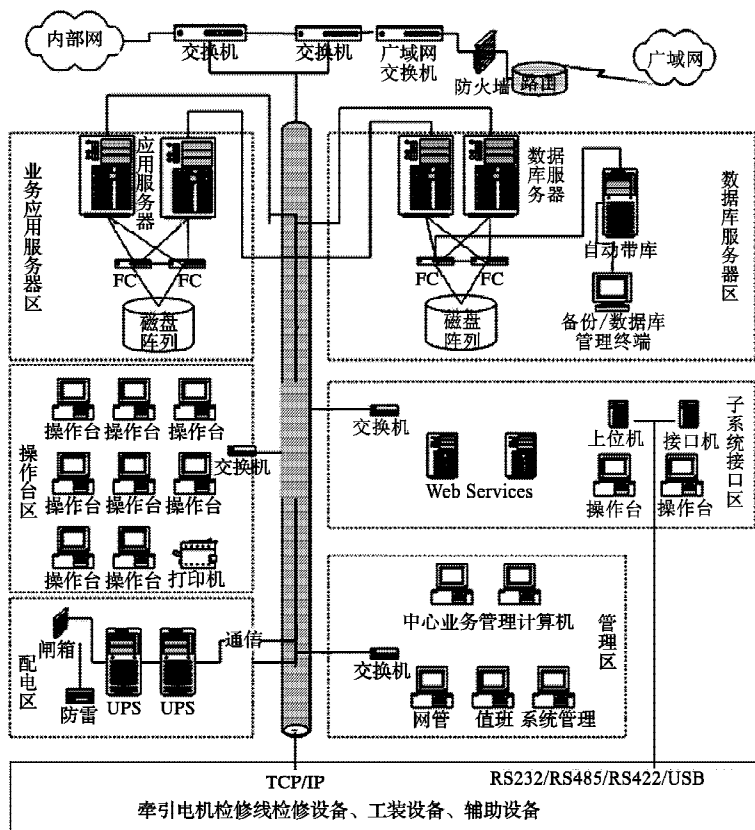


图12 硬件平台结构

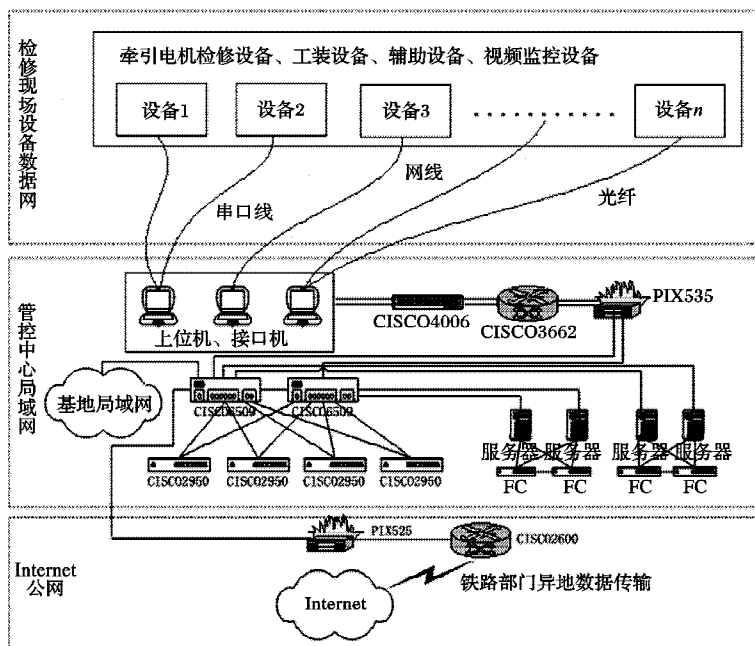


图13 网络平台结构

网络平台由现场检修设备、管控中心网与上级系统、其他外部系统和铁路部门进行数据传输的Internet公网3部分组成,图13为网络平台结构。

应用软件系统是通过各应用服务的综合协调和配合表现层的终端人机交互界面进行业务处理,包括公共基础应用服务、检修业务应用服务、系统接口应用服务、终端人机交互软件4方面内容。

6 应用情况及经济效益分析

北京铁道工程机电技术研究所有限公司于2008年3月就开始研制交流牵引电机检修线,迄今已先后在上海动车客车段、广州动车段、武汉大功率机车检修段和哈尔滨大功率机车检修段等检修基地推广使用,并获得国家知识产权的5项专利。

轨道交通交流牵引电机检修线对提高动车组、大功率机车和地铁车辆的动力电机检修质量、效率和行车安全都具有十分重大作用。自上海动车客车段的DJX-1A型交流牵引电机检修线投产以来,应用实践证明经济效益巨大,交流牵引电机的检修周期,由原先返厂委托修的24天缩短为3天。交流牵引电机检修线与传统的电机检修方式相比,可提高效率1倍以上。

7 结语

①交流牵引电机检修线以成熟的流水线输送方式、可靠的机械电气设备和先进的信息管理系统为技术支撑,全面实现交流牵引电机检修的机械化、自动化和信息化。

②交流牵引电机检修线的建设使得牵引电机的检修周期由返厂委托修的24天缩短为3天,牵引电机检修效率提高7倍。

③交流牵引电机检修线采用信息化管理系统跟踪牵引电机检修作业进程,记录和追溯电机状态,实现电机检修过程的科学管理。

参考文献:

- [1] 张伟. 和谐型大功率机车牵引电机检修流水线工艺设计研究[J]. 铁道机车车辆, 2012(3): 114-117.
- [2] 黄迪, 韦忠朝, 陈时春. 铁路机车牵引电机检修线的设计与优化[J]. 湖北工业大学学报, 2010(1): 55-58.
- [3] 赵家礼. 电机修理手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1986.
- [4] 机械电子工业部教育司. 电机试验工艺学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1991.
- [5] 中华人民共和国机械工业部. 电机修理工艺学[M]. 北京: 科学普及出版社, 1985.

