

运用检修

HXD1C型机车主电路接地故障分析

徐培刚, 彭军华, 罗铁军

(株洲南车时代电气股份有限公司 售后服务中心,
湖南 株洲 412001)

摘 要: 介绍了HXD1C型机车主变流器主电路接地检测电路原理,对常见故障产生的原因进行分析,并提出了相应的处理方案,对典型案例进行分析说明。

关键词: HXD1C型机车; 主变流器; TCU; 主电路; 接地

中图分类号: U269.6 文献标识码: B
文章编号: 1000-128X(2013)03-0103-05

0 引言

HXD1C型交流传动电力机车自2009年投入运用以来,主电路接地故障偶有发生,除了死接地(如电压传感器故障)以外,间接性接地故障占有较大比例,由于间接性接地故障在库内检查时,故障很难再现,而上线运用又要承担很大的机破风险,因此用户常采取扣修及试运(有保驾车)的方式。2011年HXD1C机车因主接地故障造成5起机破,37起临修,可看出该故障扣修比率很高,故障处理难度大、周期长。

为降低该类故障的处理难度、缩短处理周期,本文重点介绍了主电路接地检测原理,对故障原因进行了深度分析,并提出了相应的处理方案。

1 主电路接地检测原理

1.1 接地检测原理

HXD1C型电力机车主电路接地检测、判断及保护由主变流器及其内部TCU(传动控制单元)完成,主电路接地检测电路见图1。

主电路接地检测电路主要由接地检测电阻R12、R13和中间直流环节电压传感器VH1、VH2组成。接地判断条件为:

$$\left| \frac{V_{H2}}{2} - V_{H1} \right| \geq 720 \text{ V} \quad (1)$$

式中: V_{H2} ——中间直流环节全电压; V_{H1} ——中间直流环节半电

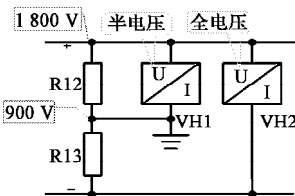


图1 主电路接地检测电路

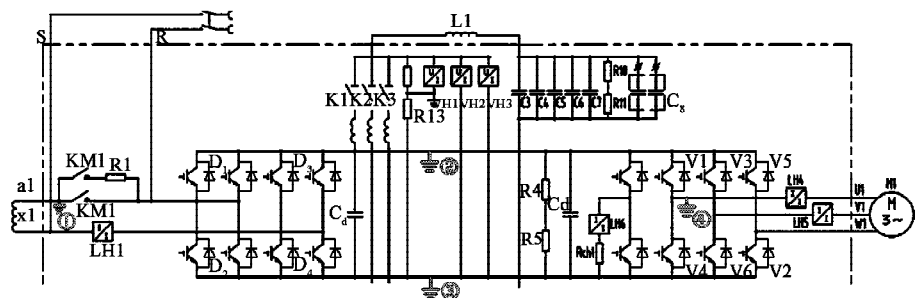


图3 HXD1C 机车主电路

压。

当中间直流环节电压传感器VH1、VH2采集的电压信号满足式(1),机车报TCU主电路接地故障,采取分主断路器、封锁TCU脉冲、跳充电及短接接触器保护措施。

1.2 电压传感器VH1、VH2信号TCU内部传输流程

中间直流环节电压传感器VH1、VH2采集的电压信号TCU内部传输处理流程见图2。

电压传感器VH2、VH1分别检测出全电压、半电压信号,作为电流源信号,送到TCU的模拟输入A板,由模拟输入A板将电流信号转化为电压信号,按比例放大后送给网侧信号板,再由网侧信号板硬件电路判断主电路是否接地,若判断为主电路接地,网侧信号板发出分主断指令,同时另一路输出主电路接地信号给SMC(系统管理与通信)板,由SMC板上报主电路接地故障,通过网络显示故障信息。

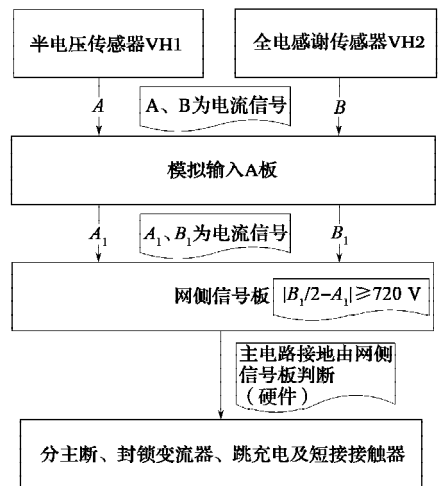


图2 全/半电压信号传输流程

2 接地原因分析

主电路接地故障通常分为主电路接地(即主电路真实接地)和检测电路故障2种情况。按照图3所示HXD1C机车主电路结构,主电路接地又可细分为交流输入侧接地、中间直流环节接地和电机侧接地3类。

2.1 交流输入侧接地

交流输入侧接地,例如图3中的①点接地,可能原因有牵引变压器二次侧接地、短接/充电接触器及充电电阻接地、库内动车电源连接线接地及各相关线路等。故障现象一般表现为2种情况。

2.1.1 升弓、合主断即报主电路接地

升弓、合主断后,牵引变压器二次侧a1-x1两端输

出单相AC970 V, 由于此时未给机车方向信号, 主电路中的充电、短接接触器不闭合, 主电路未构成回路, 因此即使四象限变流器或其后部电路存在接地, 因主电路未构成, VH1、VH2检测的中间直流环节电压均为0, 故TCU无法判断出主电路接地。但当图3中①点接地时, 主电路能够形成回路, 等效电路见图4。故当机车一合主断就报主电路接地故障, 故障点应定位在牵引变压器二次侧输出a1端及其相关电路, 涉及范围见图5。

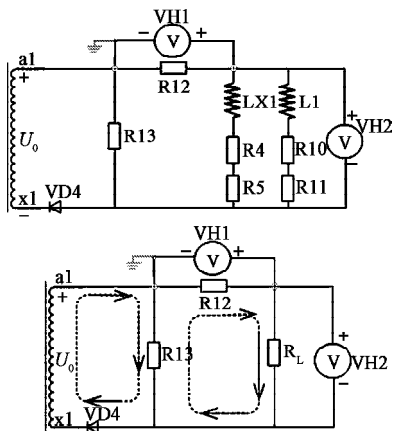


图4 交流侧a1端接地等效电路图

2.1.2 给方向手柄后(充电阶段)报主电路接地

TCU检测到方向信号后, 发出接触器控制信号, 先闭合充电接触器, 并检测充电过程, 充电完成后闭合短接接触器(甩开充电电路), 启动四象限变流器、控制中间直流环节电压升至DC1 800 V。给方向手柄后, 主电路有2个过程, 一是充电过程, 二是升压过程(启动四象限整流), 因此在故障处理时, 必须观察机车是在充电阶段报主电路接地, 还是在升压阶段报主电路接地。若在充电过程中(中间直流电压低于1 440 V)报主电路接地, 则故障点定位到四象限变流器输入侧电路, 包括牵引变压器二次侧x1端, 故障范围如图6所示, 故障判断原理与升弓、合主断即报主电路接地相同。

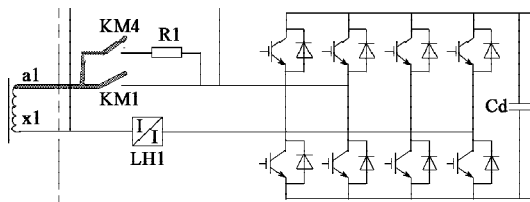


图5 交流侧a1端接地范围

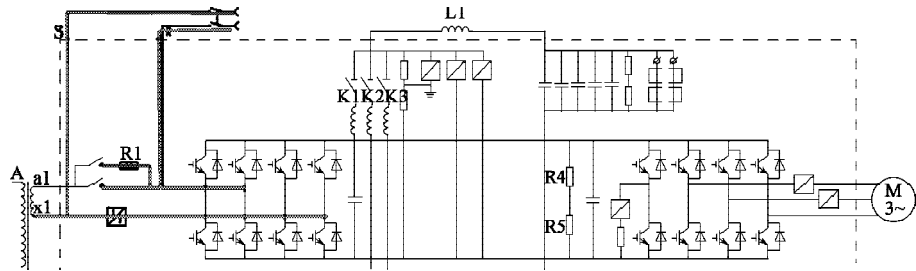


图6 四象限整流器输入侧接地范围

2.2 中间直流环节电路接地

中间直流环节电路接地, 例如图3中的②、③点, 其

故障现象往往表现为给方向手柄后的升压阶段及以后(启动四象限整流, 中间直流环节电压高于1 440 V)报主电路接地, 因为根据主电路接地故障判断条件式(1), 当出现中间直流环节正线或负线接地且无接地电阻的极限条件下, 中间直流全电压VH2必须大于1 440 V, 才能满足判断值大于720 V的条件, 从而判断出主接地故障。如果存在一定的接地电阻, 则中间直流环节电压值还要提升才能检测出来。中间直流环节电路接地的等效电路见图7, 可能的接地点包括四象限变流器输出侧、二次谐振电路、固定放电电阻、三相逆变器输入侧及有关线路等, 涉及范围见图8。

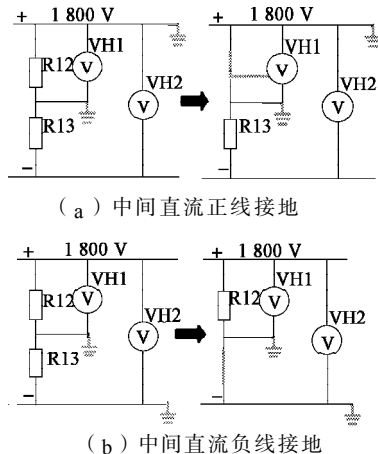


图7 中间直流电路接地的等效电路

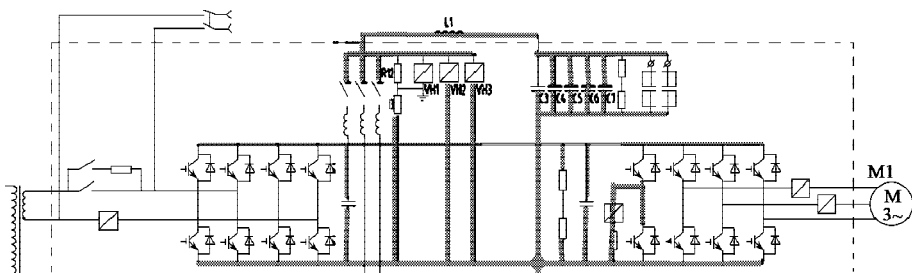


图8 中间直流环节电路接地范围

2.3 电机侧接地

电机侧接地, 例如图3中的④点, 其故障现象往往表现为给级位手柄后报主电路接地。给级位手柄后TCU启动逆变器输出, IGBT导通, 接地检测电路得以形成。可能的故障点包括三相逆变器输出侧、牵引电机及相关线路等, 涉及范围见图9。

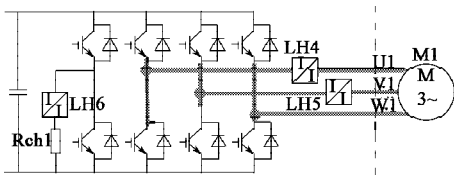


图9 电机侧接地

2.4 检测电路故障报出的主接地

这类接地的主要原因有接地检测电阻故障, 电压传感器 ± 15 V电源异常, VH1、VH2电压传感器故障, 模拟输入A板、网侧信号板故障以及相关线路故障等。

2.5 主电路接地故障树

综合上述分析, 列出主电路接地故障树见图10。

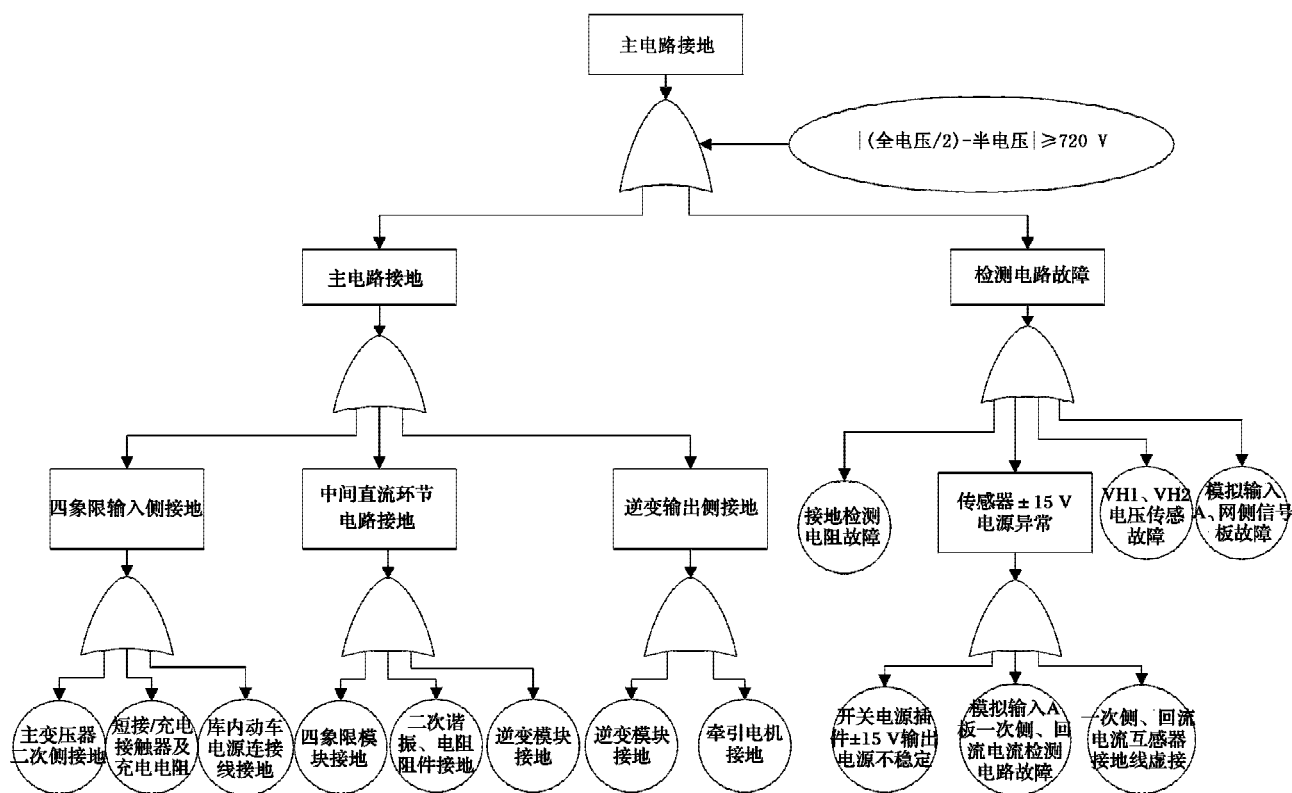


图 10 主电路接地故障树

3 主电路接地故障处理

3.1 根据故障现象判断故障范围

3.1.1 升弓、合主断即报主电路接地

故障范围定位到牵引变压器二次侧 a_1 端及相关线路, 检查牵引变压器二次侧绕组正线是否接地。

检测方法: 由主机厂用专业设备检测; 用户现场的检测可用开主变流器输入连接线, 短接牵引变压器二次侧绕组 a 、 x 端, 再用 2 500 V 摇表检测牵引变压器二次侧正线绝缘情况 (应大于 10 M Ω)。

3.1.2 给方向手柄后报主电路接地

故障范围定位到四象限变流器输入侧和中间直流环节部分。如果中间直流环节电压低于 DC1 440 V 时报主电路接地, 重点排查四象限变流器输入侧; 中间直流环节电压高于 DC1 440 V 时报主电路接地, 重点排查中间直流环节部分。

中间直流环节接地检查方法:

①通过切除 $K_1 \sim K_3$ 隔离闸刀排查故障轴, 若依次切除 $K_1 \sim K_3$ 隔离闸刀故障依旧, 则可以确认中间直流环节负线和正线公共部分接地。

②大多数情况下, 主电路接地故障是在中间直流电压达到 DC1 440 V 以上后出现, 处理方法如下: 当中间直流环节电压充电达到 DC 500 V 左右时, 通过司机室扳键开关断开主断路器, 用数字万用表直流电压挡分别测量 TCU 模拟输入 A 板 1A (全电压) 和 2B (半电压) 测试孔, 确认全电压与半电压; 若测得半电压远大于 1/2 全电压, 则故障点应为负线接地; 若测得半电压远

小于 1/2 全电压, 则故障点应为正线接地。

③若初步判断为负线接地, 则检查接地电阻 R_{12} 的阻值是否偏大, R_{13} 的阻值是否偏小。检查方法: 甩开固定放电电阻组件连接线, 用万用表分别测量固定放电电阻组件 R_{12} 、 R_{13} 电阻的阻值, 确认两电阻阻值是否平衡 (正常均应为 10 k Ω)。

必要时甩开变流器模块短接排来排查接地点 (注意, 若需要做绝缘测试, 应同时将相应轴四象限输入端、三相逆变器输出端斩波电阻连接线甩开, 用保险丝短接甩开轴电容端子), 若变流器模块接地排除后, 应检查二次谐振电路, 如检查二次谐振电容是否有鼓包、放电、漏液等现象。

④若初步判断为正线接地, 则检查接地电阻 R_{12} 的阻值是否偏小, R_{13} 的阻值是否偏大, 检查二次谐振电路, 方法同上。

3.1.3 给级位手柄后报主电路接地

故障范围定位到电机侧部分, 检查方法:

- ①切除牵引电机或断开牵引风机排查故障轴;
- ②检查输出端绝缘子;
- ③对调相邻轴电机大线排查;

④检查 DC600 V 库用插座及接线 (特殊案例: 株洲机务段 HXD1C-6050 机车逆变启动时报接地, 故障点为 DC600 V 库用插座至主变流器之间的接线)。

3.1.4 上述故障现象不唯一时以及在运用中出现间接性主接地故障

除按上述方法检查, 还需结合开展中间直流环节电压检测电路的检查, 检查方法:

①检查模拟输入A、网侧信号板,可互换两架模拟输入A、网侧信号插件排查插件故障;

②检查中间直流环节电压传感器及相关连接线;

③检查TCU插件箱;

④检查一次侧及回流电流检测电路是否虚接,检查电流互感器负端接地是否可靠,是否因接地线虚接导致干扰中间直流环节电压传感器的 $\pm 15\text{ V}$ 工作电源。

3.2 根据故障波形分析进一步缩小故障范围

下载故障数据,分析TCU故障波形,重点分析第一轴中间直流环节电压(取VH2信号)和第二轴中间直流环节电压(取VH3信号)是否异常。

①若第一、二轴中间直流环节电压一致,则故障点为主电路有接地点或接地检测电路及半电压检测电路故障;

②若第一、二轴中间直流环节电压不一致,则故障点应为全电压VH2检测电路故障;

③若第一、二轴中间直流环节电压均异常,则故障点为中间直流环节电压异常及电压传感器 $\pm 15\text{ V}$ 工作电源故障。重点检查 $\pm 15\text{ V}$ 电源。

案例1:2010年8月,HXD1C-6029机车途中报TCU1主电路接地故障,跳主断保护,对图11所示故障波形分析,判断为VH2电压传感器故障,更换后正常。

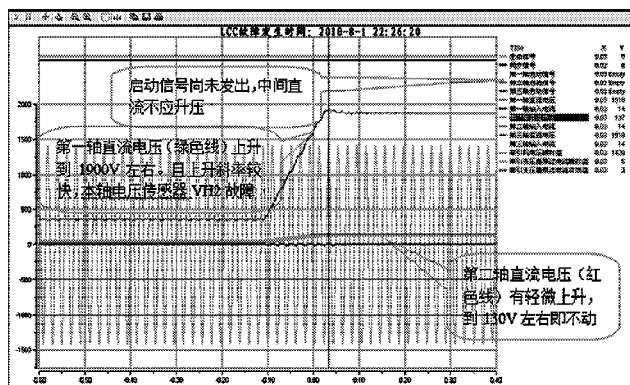


图 11 HXD1C-6029 机车 TCU1 主电路接地波形

案例2:2009年11月,HXD1C-0010机车报TCU1主电路接地故障,更换网侧信号板后正常,故障波形见图12。

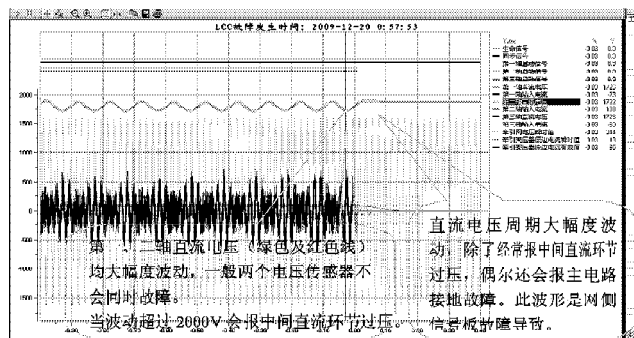


图 12 HXD1C-0010 机车 TCU1 主电路接地故障波形

案例3:2010年3月至6月期间,HXD1C-0155机车运行途中偶尔报TCU1主电路接地故障,跳主断保护,机

车回段后每次试验正常。故障波形见图13,分析该波形,中间直流环节电压传感器正常,最终检查为网侧信号插件故障。

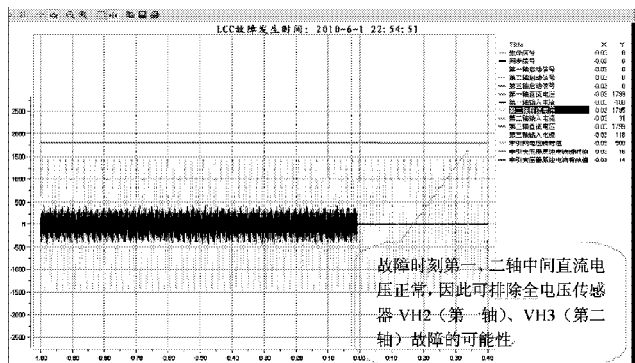


图 13 HXD1C-0155 机车 TCU1 主电路接地波形

案例4:2010年1月,HXD1C-0148机车途中运行时偶尔报TCU2主电路接地故障,跳主断保护。库内检查时故障难以再现。经长时间反复试验,故障有时会出现一次,故障波形见图14。

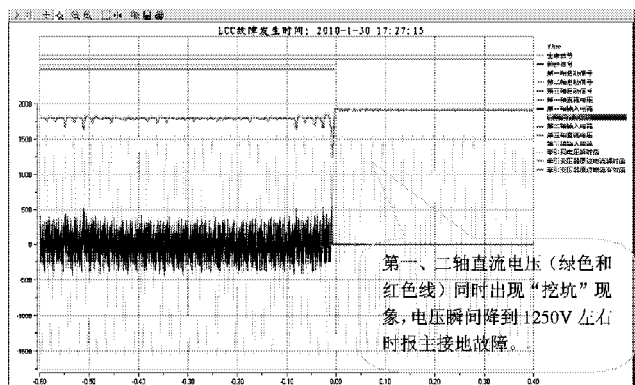


图 14 HXD1C-0148 机车 TCU2 主电路接地波形

图14故障波形显示,故障发生时1、2轴中间直流环节电压同时出现剧烈波动,即出现“挖坑”现象,考虑中间直流环节有支撑电容存在,不应出现真正的大幅度波动,因此重点查接地检测信号电路的公共部分。最终发现变压器回流端电流互感器外插座有烧损痕迹,将互感器插头拆下来检查,发现互感器信号正线胶皮已经烧焦,烧损点见图15。



图 15 回流电流互感器烧损点

由于信号线和金属外壳距离很近,运行中随着机车振动和冲击,正线与外壳之间容易出现短接放电现象,因此库内静态试验故障现象较难出现。

分析原因是由于该电流互感器由 $\pm 15\text{ V}$ 电源供电,放电干扰使传感器的输出存在瞬间失真,造成TCU检

测到的中间电压存在挖坑现象, 在挖坑剧烈达到主接地保护设定值时报出主接地故障。

4 结语

根据对故障现象的细致观察并结合原理分析, 可判断故障的大范围——是交流侧、中间直流环节侧, 还是电机侧, 为故障处理打下基础; 结合故障波形分析, 可以进一步缩小故障范围, 甚至直接定位故障点。文中列举的具体检测方法以及4个案例中的典型波形分析方法可灵活运用。相信通过不断地探索和积累经验, 在机车主电路接地的应急处置、故障处理、运用检

修等方面会有共同的提高。

参考文献:

- [1] 高首聪. HXD1C 型电力机车电传动系统设计及运用[J]. 机车电传动, 2012(2).
- [2] 李伟. “和谐”系列电力机车传动系统接地检测比较[J]. 机车电传动, 2010(6).
- [3] 罗铁军. 和谐电力机车主接地故障保护及隔离方式对比分析[C]//平台对比分析论文汇编. 株洲: 南车株洲电力机车研究所有限公司, 2012.
- [4] 株洲南车时代电气股份有限公司. HXD1C 型电力机车电气系统故障处理手册[S]. 株洲: 南车株洲电力机车研究所有限公司, 2011.

广告索引

成都主导科技有限责任公司(封2)
广州金升阳科技有限公司(前插1)
西安伟健电子有限责任公司(前插2)
三菱电机机电(上海)有限公司(前插3)
贵州航天电器股份有限公司(前插4)
上海壬丰复合材料有限公司(前插5)
浩亭(珠海)有限公司上海分公司(前插6)
万可电子(天津)有限公司(前插7)
北京铁道工程机电技术研究有限公司(前插8、9)
咸阳亚华电子电器有限公司(前插10)
上海中电罗莱电气有限公司(前插11)
株洲时代新材料科技股份有限公司(前插12)
温州龙电绝缘材料有限公司(前插13)
福州福光电子有限公司(前插14)
汕头华兴冶金设备股份有限公司(前插15)
宁夏银利电器制造有限公司(前插16)
株洲南车时代电气股份有限公司营销中心(中插1)
株洲南车时代电气股份有限公司电力电子事业部(中插2)
株洲南车时代电气股份有限公司安全装备事业部(中插3)
株洲南车时代电气股份有限公司印制电路事业部(中插4)
宁波南车时代传感技术有限公司(中插5)

宝鸡南车时代工程机械有限公司(中插6)
株洲时代电气绝缘有限责任公司(中插7)
株洲时代装备技术有限责任公司(中插8、9)
襄阳南车电机技术有限公司(中插10、11)
铁道部产品质量监督检验中心牵引电气设备检验站(中插12、13)
北京南车时代机车车辆机械有限公司(中插14、15)
株洲时代电子科技有限公司(中插16)
北京成华助友科技发展有限公司(后插1)
株洲市达能科技有限公司(后插2)
南京高华科技有限公司(后插3)
苏州康开电气有限公司(后插4)
公益广告(后插5)
深圳慧杰(EBG)电子有限公司(后插6)
桂林航天电子有限公司(后插7)
北京欧力凯科技发展有限公司(后插8)
上海鹰峰电子科技有限公司(后插9)
中国南车集团成都机车车辆厂(后插10)
南通海立电子有限公司(后插11)
苏州电通电力电子有限公司(后插12)
SynQor 中国(封3)
北京新雷能科技股份有限公司(封4)
珠海金电电源工业有限公司(黑白首页)
2013 深圳国际轨道交通博览会(黑白末页)

