

试
验
检
测DC 600 V 机车供电装置
负载试验检测系统宫国顺¹, 王 祥²

(1. 黑龙江交通职业技术学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161000;

2. 北京国祥伟业科技有限公司, 北京 100044)



作者简介: 宫国顺 (1968-), 男, 硕士, 副教授, 长期从事计算机应用技术的研究和计算机专业课程的教学工作。

摘 要: 针对现阶段可供参考的水阻试验站存在的问题和缺点, 简述机车供电装置负载试验检测系统研制的必要性, 提出新的技术方案, 从其工作原理、研制过程以及负载设计、控制设计、保护设计等关键技术方面进行了阐述。该系统已通过现场试验。

关键词: DC 600 V; 机车供电; 直供电; 负载试验; 检测系统

中图分类号: U269.32*2

文献标识码: A

文章编号: 1000-128X(2011)05-0054-05

Load Test and Detection System of DC 600 V Locomotive Power Supply Device

GONG Guo-shun, WANG Xiang

(1Heilongjiang Communications Polytechnic, Qiqihar, Helongjiang 161000, China;

2. Beijing Guoxiangweiye Science and Technology Co., Ltd., Beijing 100044, China)

Abstract: According to the problems and defects of present water resistor station, necessity of locomotive power supply device load test and detection system development was declared, and the new technic scheme was proposed, which was expounded from principle, developing course, load design, control design, and protection design etc. The system has passed the field test.

Key words: DC 600 V; locomotive power supply; direct power supply; load test; detection system

0 引言

现在新造旅客列车上除了照明设备外, 增加了越来越多用电的设备, 如空调装置、车门集中遥控、粪便集存密封处理、电热取暖装置等电气设备, 最大用电负荷高达 400 kW。为满足列车大功率用电的需求, 以前 25G、25K 型旅客列车供电主要是加挂 1 节空调发电车。按照铁道部要求, 旅客列车编组要逐步取消发电车, 全部由机车进行 DC 600 V 供电。目前主型准高速客运机车 SS9、SS8、SS7E、SS7C、DF_{11G} 型机车出厂都带有 DC 600 V 供电功能。但 DC 600 V 供电系统在实际使用中也出现较多的故障, 如过流、漏电保护、发电机组故障等。因此, 保证机车 DC 600 V 供电系统的可靠运行质量, 对提高铁路的客运服务质量、保证旅客列车的运行安全、舒适非常重要。

目前全路还没有对 DC 600 V 供电系统进行状态检

测的技术手段, 特别是模拟实际工作状态的全负荷试验和参数检测无法实现, 制约着对 DC 600 V 供电系统的检修工作。现在机车出库前只能用万用表进行简单的测试, 无法保证机车牵引列车负荷状态下的性能良好。为了保证机车供电系统的质量稳定和性能检测, 急需研制专用测试装备对其技术状态进行测试。

1 研究现状与系统方案

目前在机车 DC 600 V 供电系统的检测、试验办法上, 各配属段都在摸索, 还没有完全成熟的技术方案和检测设备面市。在现场调研中, 可供参考的是铁路机务部门对于机车本身柴油机的负荷试验是采用水阻试验的方式来完成的。机车在大、中、小修后或者专项检查中, 需要加载负荷进行试验检测, 用于机车燃油系统、机油系统、冷却水系统、控制系统等项目的检查和调整, 使机车工作正确可靠, 运行于最佳状态。水阻试验就是在非走行状态下对机车进行试验, 将机车柴油机发电机的电能输出消耗在电解质水的加热上, 为机车提供模拟负载, 再通过控制台相关仪表检测设备

收稿日期: 2011-03-25

基金项目: 科技型中小企业技术创新基金项目
(09C26221102845)

进行检测。从原理上建设这种水阻试验站, 根据机车 DC 600 V 供电系统重新设计调整相关参数可以实现机车 DC 600 V 供电系统的负荷试验。但是, 采用这种技术有以下问题和缺点。

①水阻试验站需要占地建设大型水阻槽罐、配套的检测站房基建、配套的专用铁路线路基建等许多固定设施, 投资规模大, 而现场需要经济实用便捷的检测解决方案。

②水阻试验站由于使用地点固定, 所以在机车需要检测时, 必须通过安排调度计划将待检测机车调度到水阻试验站的专用检测线路方可试验。这样检测一台机车需要涉及行车调度各个部门, 检测周期难以满足生产的实际需要。根据机务段的现场调研, 由于准高速、高速的需要, 机车都是担当长交路运行, 在机车回段都是利用间隔时间进行趟修检查, 迫切需要 DC 600 V 机车供电装置负载试验检测设备能够简便易行, 以便移动到整备场任意位置在任意时间进行快速检测。

③水阻试验站需要在水阻槽中加入电解质, 并且通过改变电极在水阻槽中的相对位置来得到水电阻的变化, 从而实现负载的变化。这样一方面不可避免带来环境污染的问题, 另外需要额外的水资源、原材料的消耗。

在大力提倡节约型、环保型社会的今天, 显然这种水阻试验站技术的局限性越来越明显。在充分调研市场需求和对比现有水阻负载试验检测技术的基础上, 首次创造性地提出并设计以电阻为干式负载的移动式“DC 600 V 机车供电装置负载试验检测系统”; 研制开发一种新型机车供电负载试验检测装置, 其成本相对较低、无污染、能移动快速检测, 实现 DC 600 V 供电系统回路输出电压、输出电流、泄漏电流等各项供电参数检测及供电系统负载磨合试验的功能。该项目设计解决以下关键技术问题: 体积小功率大的干式负载试验检测车的研制; 大功率负载的切换技术; DC 600 V/750 A 高压大电流下的保护问题, 必须确保试验人员的绝对安全以及被试验机车的安全和试验设备的安全; DC 600 V 供电系统的电压、电流、漏电流、纹波等多项供电参数的检测功能。

2 系统组成及技术指标

DC 600 V 机车供电装置负载试验检测系统原理结构框图如图1所示, 由大功率干式负载电阻柜、风冷散

热单元、大功率电子开关、电压/电流/漏电流/温度传感器组成的检测单元、电子主控单元、显示单元(液晶显示屏)、AC 220 V 工作电源插头线板、DC 600 V 供电插头连接线缆、移动平台、笔记本电脑、控制数据处理软件和打印机等组成。

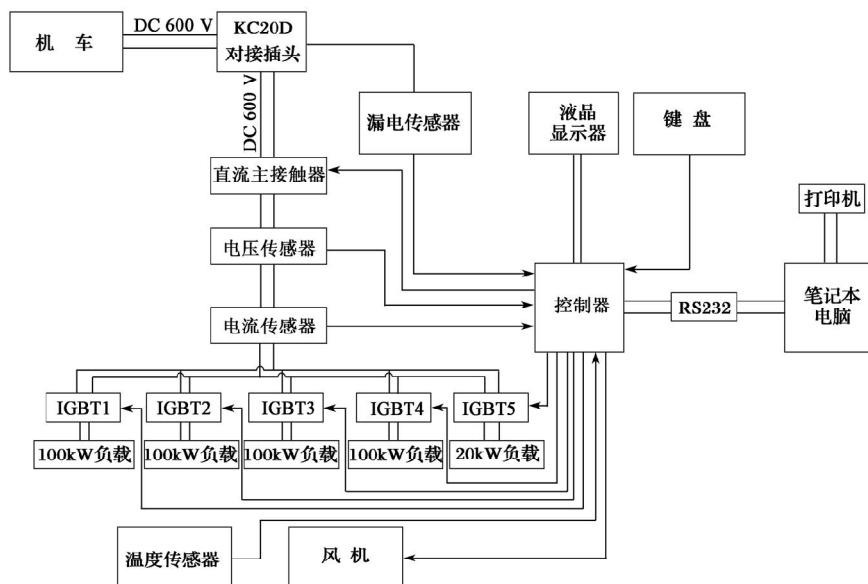


图1 DC 600 V 机车供电装置负载试验检测系统结构框图

主要技术指标：

工作方式	手动按钮操作或计算机程序自动控制
最大负荷	420 kW(内燃机车), 500 kW(电力机车)
负载调节	5挡步进
负载额定电压	DC 600 V
负载额定电流	700 A(内燃机车), 833.3 A(电力机车)
供电系统泄漏电流检测	0~300 mA, 精度2%
供电系统电压测量范围	DC 0~1 000 V, 精度2%
供电系统电流测量范围	DC 0~1 000 A, 精度2%
工作电源	单相工频交流220 V/50Hz
工作功耗	2.5 kW
检测系统与机车连接电缆长度	4 m(可分解式)
AC 220 V工作电源电缆长度	20 m
负载电阻柜冷却方式	强制风冷
系统冷却风向	向上
防护等级	IP23
系统工作环境温度	-20~60℃
系统工作环境相对湿度	10%~90%
试验车系统外形尺寸	2300 mm×2200 mm×1200 mm
整机质量	1 300 kg

3 工作原理和技术关键

试验系统能够为机车 DC 600 V 供电系统提供负载电阻, 内燃机车在 25%(100 kW)、50%(200 kW)、75%

(300 kW)、100%(400 kW)、105%(420 kW)或者电力机车在 27.5%(110 kW)、55%(220 kW)、82.5%(330 kW)、110%(440 kW)、125%(500 kW)负载状态下进行负荷试验；检查输出电压(600±30)V、额定输出电流667(1±10%)A下机车供电系统是否正常；检查过载直流电流，内燃机车为 700 A (电力机车为 750 A) 情况下机车供电系统是否正常，同时检查车载计量仪表及供电系统各机械、电气部件状态是否正常。

3.1 负载设计

目前，国内大功率电阻行业中，所使用的电阻材料主要包括铁铬铝、康铜、不锈钢及镍铬合金几种，几种材料特点比较如表 1 所示。

表 1 电阻材料参数对比表

性 能	铁 铬 铝	康 铜	不 锈 钢	镍 铬 合 金
电阻率	高	低	中	高
温度系数	低	最低	高	低
耐腐蚀性	差	差	好	好
工作温度	中	低	高	最高
寿 命	短	短	最高	高
价 格	低	低	低	高
机械加工性	差	差	好	好

通过对比各种材料的性能和项目要求，最终选择了不锈钢材质来设计负载电阻，将整个系统完全设计安装在一个移动车上，实现移动检测的要求。

根据单机供电功率 400 kW 的要求进行设计，内燃机车按 100 kW、100 kW、100 kW、100 kW、20 kW5 挡设计，实现负载的 25%、50%、75%、100%、105% 功率要求。根据欧姆定律 $W=UI$ ， $R=U/I$ ，计算如下：

$W=100\text{ kW}, U=600\text{ V}, I=166.6\text{ A}, R=3.6\text{ }\Omega$

$W=20\text{ kW}, U=600\text{ V}, I=33.3\text{ A}, R=18\text{ }\Omega$

电力机车按 110 kW、110 kW、110 kW、110 kW、60 kW5 挡设计，实现负载的 27.5%、55%、82.5%、110%、125% 功率要求。根据欧姆定律 $W=U/I$ ， $R=U/I$ ，计算如下：

$W=110\text{ kW}, U=600\text{ V}, I=183.3\text{ A}, R=3.27\text{ }\Omega$

$W=60\text{ kW}, U=600\text{ V}, I=100\text{ A}, R=6\text{ }\Omega$

5 挡电阻采用共正极连接，每一挡电阻的另一极接到 IGBT 电子开关的控制极上，由 5 个 IGBT 电子开关控制通断，实现各挡负载自由切换。

3.2 控制设计

本设计采用 AT89S52 单片机作为系统的主机，通过一些外部扩展电路来完成智能化测量、存储、显示、打印功能。选用了 A/D 转换器 TLC1549，增加 CD4051 通道转换设计了 4 路 10 bit A/D 转换器用以采样检测电压、电流、漏电流、温度的信号，设计了 5 路 IGBT 输出控制电路、1 路主接触器控制继电器动作的接口电路、4 位按键的键盘接口电路、16×4 液晶显示器接口、蜂鸣器报警接口以及串行数据传送接口等电路，组成了系统控

制回路检测系统的硬件部分。

控制系统的原理结构框图如图 2 所示。

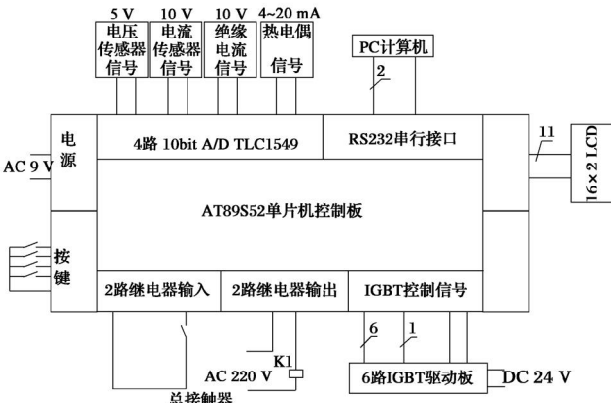


图 2 控制单元原理结构框图

试验系统的软件编程包括下端嵌入软件编程和上端计算机控制的系统软件编程 2 部分。

下端嵌入软件采用模块化编程思想，采用单片机 MCS51 C 语言编制，程序固化在单片机的 FLASH ROM 中。下端嵌入式程序采用主循环程序流程加中断驱动流程的方式实时监测各项参数、键盘输入、通信中断、异常告警中断，完成负载的试验过程。

上端系统软件编程采用微软的 VB 面向对象的可视化编程语言编制，对检测过程进行控制和数据传输处理。上端软件实现以下功能：能够联机手动控制负载试验检测；能够联机自定义试验方案自动控制负载试验检测；能够自动记录试验数据到计算机数据库；能够导入，导出试验数据进入数据库；能够对试验数据进行显示、存储、查询、报表、打印等。系统主要程序流程图如图 3~图 6。

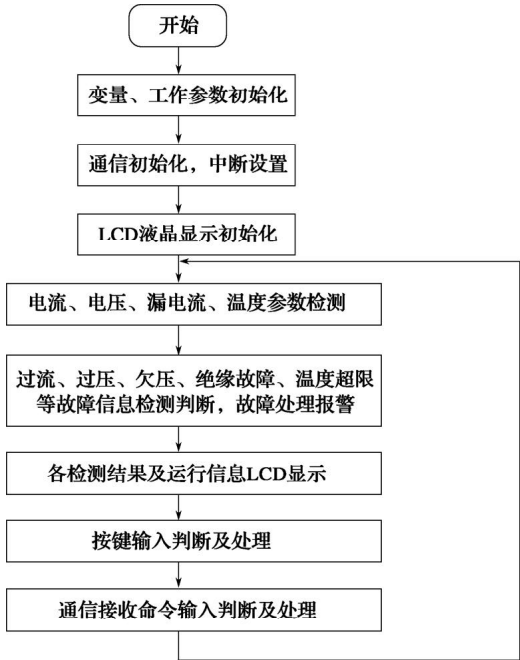


图 3 主程序流程图

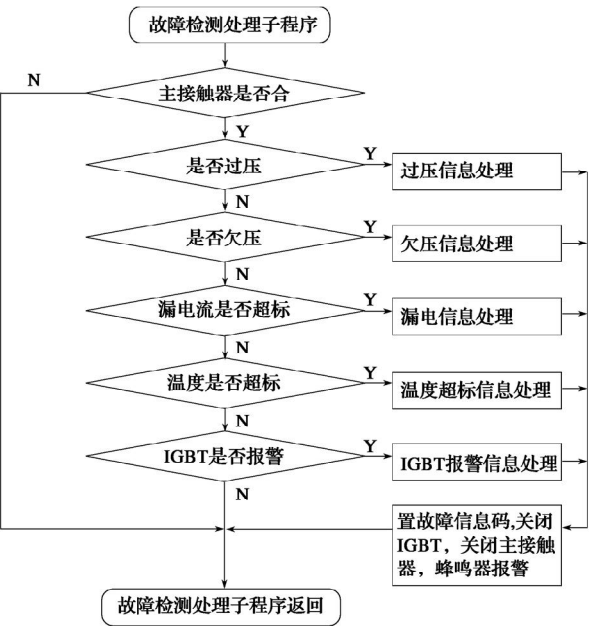


图 4 故障检测及处理子程序流程图

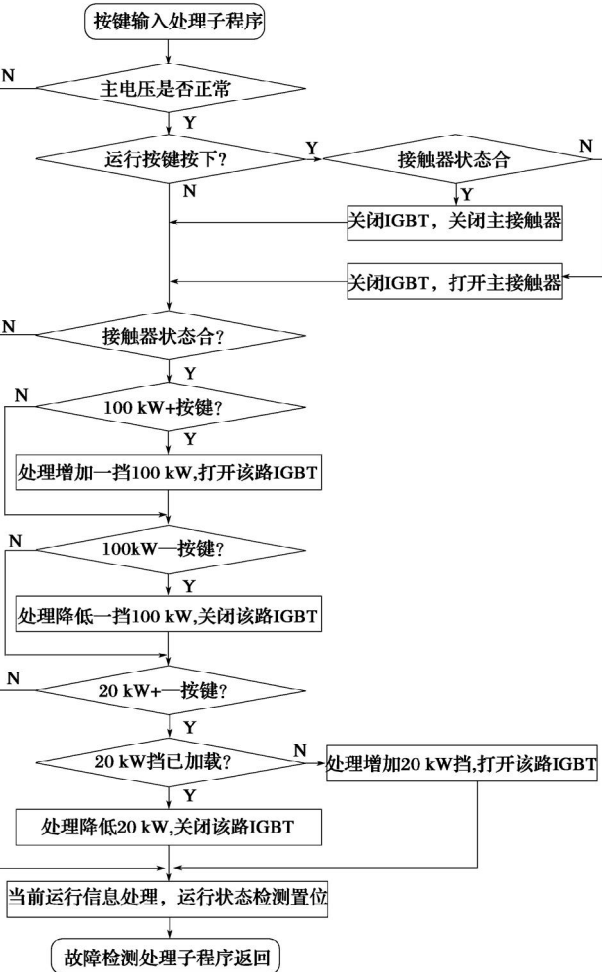


图 5 按键输入处理子程序流程图

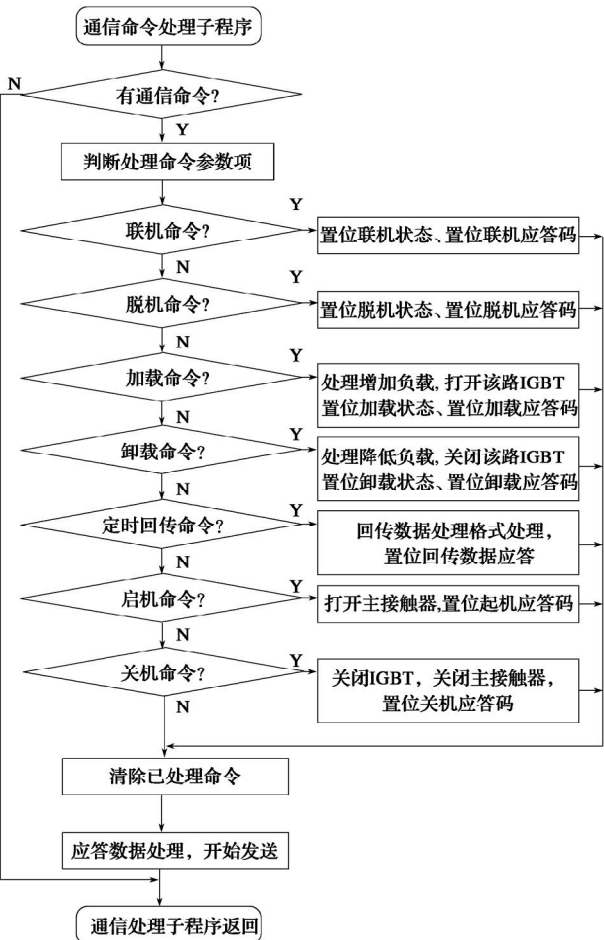


图 6 通信命令输入处理子程序流程图

系统设计了 IGBT 电子开关、快速半导体熔断器和直流接触器 3 道保护。接触器属于继电器控制的机械动作, 主要起总开关的作用, 优点是起物理隔离作用, 缺点是动作时间长, 需要毫秒级动作时间; IGBT 电子开关的优点是动作响应时间短, 微秒级动作时间, 缺点是电子控制软关断不能真正切断负载的物理连接, 有潜在的危险。

试验时, 控制 CPU 时刻监视系统的各项参数, 一旦出现过压、过流、温升超限及定时时间到时, 控制 CPU 首先切断 IGBT 电子开关, 再控制直流接触器物理断开。

在接触器的控制中, 接触器有一组常开触点、一组常闭触点, 反馈接触器的物理分合状态, 当接触器断开, 常开触点常开, 常闭触点常闭; 当接触器合上, 常开触点常闭, 常闭触点常开。在使用中, 将此组触点反馈信号接入 CPU 控制检测中, 控制接触器分合后, 时刻巡检该组触点状态, 一旦异常立刻报警。

在本项目研发试验过程中, 随着 5 挡负载的逐挡增加, 系统运行正常, 但是从最大负载开始减挡卸载负载时, 课题组发现不能卸载, 采用了紧急停车按钮结束了首次试验。经检查, 5 路 IGBT 大功率切换开关全部损坏。经过课题组的认真分析, 最后终于找到了问题的根源: DC 600 V 的供电输出采用多重 LC 型的滤波电

3.3 保护单元设计

由于本系统工作在 DC 600 V/750 A 高电压、大电流的情况下, 系统的安全保护就成了首要的设计任务。

路,而且为了试验的方便 KC20D 的试验电缆处理不当,形成了寄生电感。在本系统中,一是本身电流大,二是高压的几微妙级关断切换,这样便形成了巨大的冲击浪涌电压,而一般驱动电路,设计的驱动保护根本不够,直接造成了开关器件的损坏。最后课题组经过认真研究,制定出新的解决方案:一是改变了驱动电路,将关断时间延长到几十微妙级;二是在每路电子开关控制上自行设计了高效的驱动保护电路,从而从根本上解决了该问题。

3.4 试验数据输出

在自定方案检测和既定任务测试完成后,上端系统软件自动记录保存数据在 D:\DC600V 试验检测系统\datp 文件夹下,文件格式为.MDB,文件名是试验日期加试验时间组成。用户在完成任务后,随时可以查看,打印数据报表。

在软件界面点击视图/常规曲线,可以查看用户自定方案的检测后的各项参数的曲线;点击视图/突加突卸曲线,可以查看突加突卸测试后各项参数的曲线;点击试验报表/性能测试,可以查看本次测试生成的波形曲线及试验报表,如图7、图8。

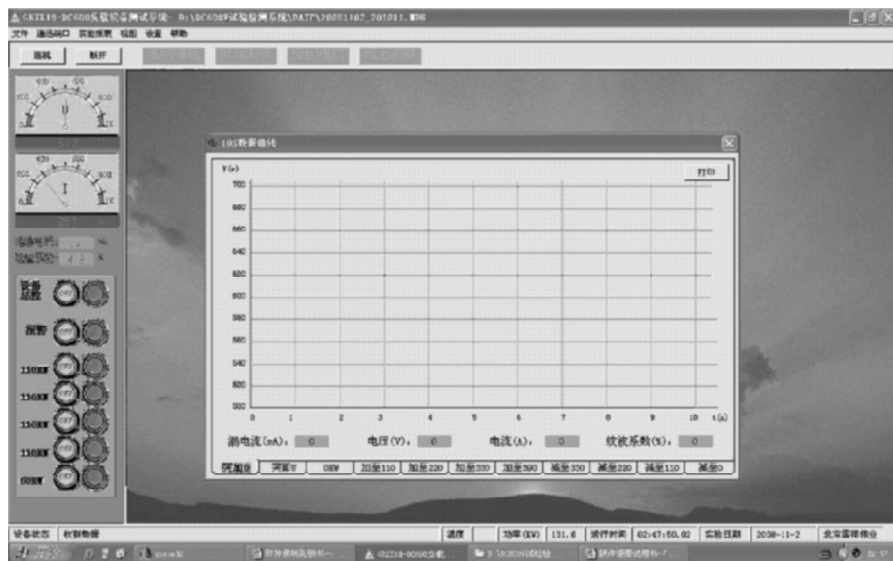


图7 试验数据的波形曲线



图8 试验数据的报表报告

4 结语

本项目研制的“DC 600 V 机车供电装置负载试验检测系统”经过现场试验,能够满足机车 DC 600 V 供电装置负荷试验和性能参数检测的要求,对保证机车 DC 600 V 供电系统的可靠运行,提高铁路的客运服务质量具有重要意义。

该项目可以推广适用于 100~10 000 kW 的各种供电装置的负载试验检测,可以完全取代水阻试验站推广到机车牵引的负载试验检测、造船厂的各种轮船用柴油机组的负载试验检测。该技术的市场应用前景广阔,潜在社会效益和经济效益巨大。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国铁道部. 旅客列车 DC 600 V 供电系统技术条件 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002.
- [2] 康康涛. 机车 DC 600 V 供电系统存在的问题及改进 [J]. 电力机车与城轨车辆, 2004, 27(4).
- [3] 戴舜华. 发电车集中供电与 DC 600 V 供电特点及改进建议 [J]. 铁道机车车辆, 2006, 26(3).
- [4] 罗 斌. 旅客列车 DC 600 V 供电系统优化改进建议 [J]. 铁道车辆, 2003, 41(3).