

CR200J动车组动力车牵引变流系统

张天昊

吉林铁道职业技术学院 吉林省吉林市 132000

摘要: 根据中国铁路总公司运输和经营发展要求,提高既有铁路运输服务品质,充分利用既有线的运输资源和既有客车、机车的检修资源,依托在研八轴客运电力机车和既有25T型客车技术平台,开展时速160公里动力集中动车组的技术条件和技术方案研究,为样车研制奠定基础。

关键词: 既有线; 客车; 电力; 动力集中; 动车组

一、概述与编组

时速160公里动力集中型动车组是中国铁路总公司和中国中车牵头,属于“复兴号”动车组的系列产品,产品型号CR200J。

中车大连公司-承担动力车研发、试验

中车株洲公司-承担动力车研发、试验

中车唐山公司-承担拖车/控制车研发、试验

中车浦镇公司-承担拖车/控制车研发、试验

动力车轴式为B0-B0,采用独立轴控模式,整车持续功率为5600kW,单轴额定功率1400kW,短时最大功率1600kW,运营速度160公里/小时,最高运行速度为200公里/小时,具有DC600V列车供电系统。

短编组: 1Mc+7T+1Tc

固定编组的长编组: 1Mc+16T+1Mc

灵活编组: 1Mc+9T~18T+1Mc

二、变流系统组成及原理

FXD3型动力车电气系统基于HXD3G型八轴客运电力机车电气系统技术路线,增加了动车组运用需求的相关功能。网侧电路采用“双受电弓、双主断路器方案”;主传动系统、辅助电气系统采用HXD3系列机车成熟方案;采用分布式微机网络控制系统,以太网控制网络和MVB控制网络双网冗余;在控制策略上增加了紧急驾驶、封锁设置等功能来提高动力车的运用可靠性。

电气系统由主传动系统、辅助系统、列车供电系统、微机网络控制系统、行车安全系统以及6A系统。

1. 主传动系统构成

主传动系统主要由网侧电路和主电路组成。

(1) 网侧电路:

网侧电路的主要功能是从网侧获取电能,由2台受电弓、2台车顶避雷器、2台主断路器、1台接地开闭装置,1台车内避雷器、2台高压电压互感器、1台高压电流互感器、牵引变压器原边绕组、回流侧电流互感器和接地碳刷等组成。

牵引变压器的原边绕组通过受电弓、主断路器得电。然后由其4个独立的牵引绕组分别向牵引变流器供电。

(2) 主电路:

主电路的主要功能是将电网获取的电能传递到牵引电机上,由牵引电机转换为动能,由4台牵引变流器、4台牵引电机等组成。

每台牵引电机独立供电,由四象限整流器通过中间直流环节向牵引逆变器供电,再由逆变器驱动电机。再生制动工况下,牵引电机动能由逆变器转换为电能,通过中间直流环节、四象限整流器及网侧电路后,回馈电网。

(3) 主要设备参数:

a.网侧柜:

网侧柜安装于机械间内。网侧柜内包含主断路器、接地开关、车内避雷器、绝缘子、高压电压互感器等高压设备。

某一受电弓故障后,通过显示屏受电弓选择来隔离受电弓,可使用另一架受电弓维持运行。车顶只留有受电弓及其支持绝缘子、车顶避雷器、母线支持绝缘子,并将HXD3D机车可靠的防雾闪方案在本项目继续使用,可有效的避免雾闪现象。

b.受电弓:

受电弓符合TJ/JW028—2014《交流传动机车受电弓暂行技术条件》的要求。

最大速度: 250km/h

额定电压: 25kV

正常工作电压范围: 17.5~31kV

c.高压电压互感器:

型式 干式

变压比 25000V/100V

精度等级 1级

额定输出 30VA

工频耐受电压 85kV

额定冲击耐受电压 200kV

d.主断路器:

型号 22CBDP2型

额定电压 25kV

额定电流 1000A

额定分断容量 500MVA

固有分闸时间 20 ~ 40ms

控制回路气压 450 ~ 1000kPa

额定短路接通能力 40kA

额定短路开断能力 20kA

机械寿命 250000次

e.牵引变压器:

变压器采用心式卧放结构，A级绝缘，普通物油。变压器内部设置4组牵引绕组、2组辅助绕组、2组列供绕组。钢制壳体，全封闭结构。采用油循环、强迫风冷方式。

f.牵引变流器:

牵引变流柜内集成了2路牵引、1路辅助、 1路列供、1组辅助滤波和1套水冷部件，各功能模块竖直排列。每台动力车设有2个牵引变流柜。

牵引变流器电路主要有四象限整流电路、中间直流回路、PWM逆变电路等组成。

每个动力车配置2台牵引辅助变流器，每台牵引变流器驱动一个转向架的一台牵引电机

牵引电机单轴驱动功率1400kW，短时（30min）单轴驱动功率为1600kW。采用独立轴控驱动模式主辅一体化设计。

动力车设有高压连锁系统，牵引变流器柜门安装有高压连锁机构。每个牵引变流器的牵引供电单元高压部分用一个连锁机构,辅助供电单元高压部分和列车供电模单元高压部分共用一个连锁机构。在不解锁高压连锁机构时牵引变流器高压部分柜门不能打开。变流器柜门设置有高压警示标签，牵引、辅助、列供设置有高压指示灯，用于指示高压状态。冷却系统设置有液位仪，用于显示冷却液状态。

变流柜主要包括牵引变流器（含轴一、轴二两个牵引部分）、辅助变流器、列车供电单元及冷却单元四大部分。

牵引变流器、辅助变流器、辅助滤波装置及列车供电设计为一体化柜体。

冷却系统中冷却塔为外置，变流器部分水冷系统主要由柜外管路、水泵、膨胀水箱、主水管和分水管组成。

模块连接选用的快速水电连接，可实现模块水连接的快速插拔。

功率模块与外围控制电路通过连接器相连，打开变

流器柜门可方便地对变流器模块进行拆装、维护。

结构、布线、零部件设计和组装充分考虑电磁兼容方面的问题。

（4）牵引变流器的工作原理

牵引变流器通过主接触器从主变压器牵引绕组取电，正常工作时先闭合预充电接触器通过预充电电阻为中间电路的支撑电容器充电，然后再闭合工作接触器为四象限整流器正常工作提供电源，避免合闸瞬间中间回路所造成的大电流冲击。中间直流电路由储能电路、测量及保护电路构成。三相逆变器将中间直流电压通过 PWM脉宽调制控制，变换为电压和频率可变的三相交流电源，实现对异步电机的牵引、制动特性的控制。TCU控制功能：是根据司机指令完成对机车牵引/制动特性控制和逻辑控制，实现对主电路中接触器的通断控制和牵引变流器的启/停控制，计算列车所需的牵引/电制动力等

TCU主要控制功能:

- （1）牵引变流系统的逻辑控制
- （2）牵引和制动的特性计算
- （3）四象限PWM整流器控制
- （4）异步牵引电机直接转矩控制
- （5）动力集中动车组牵引时空转、制动时滑行保护的
- 控制、粘着利用控制
- （6）变流系统的保护、故障记录、诊断
- （7）与多功能机车车辆总线MVB接口及通信

TCU主要保护功能:

- （1）中间直流环节过压保护
- （2）IGBT元件故障保护
- （3）原边过流、接地保护
- （4）逆变、斩波输出过流保护
- （5）变流器模块过热保护
- （6）接触器等故障保护
- （7）四象限输入过流保护
- （8）电机三相不平衡、缺相保护
- （9）主回路接地保护
- （10）电机缺相、过热保护
- （11）变流器水温过高、水压过低保护

牵引变流器

变换模式	AC-DC-AC	标称输出电流	445A/3p	
额定输入电压	1950V	最大输出电流	515A/3p	
额定输入电流	939A	开关频率	四象限: 350Hz	逆变器: 450Hz

最大输入电流	1044A	IGBT	6500V/750A
频率	50Hz	变流器效率	不小于98%
中间标称电压	3500V	接地方式	高阻中点接地
中间最高电压	4000V	控制电压	110V
输出电压	0~2700V/3p	控制电压波动范围	77V~137.5V
最大输出频率	120Hz	冷却方式	强迫水循环风冷

2. 辅助系统的组成

辅助传动系统主要由辅助变流器、辅助滤波装置、辅助接触器及辅助用电设备等组成。辅助变流器由牵引变压器的辅助绕组供电，其输出经集成在牵引变流柜内的辅助滤波装置后向辅助用电设备供电，包括：冷却风机组、空气压缩机组、油泵、水泵、空调、蓄电池充电器等。每台动力车包含两套辅助电源设备（辅助变流器和辅助滤波装置），分别位于两个牵引变流柜内。

辅助变流器的工作原理：

辅助变流器采用冗余设计，两个变流柜各集成一个，其直接从变压器的二次绕组取电，通过AC-DC-AC变换将单相交流电变为三相交流电。其中一个辅助变流器工作在CVCF模式，为列车上的三相AC380V50Hz恒定负载供电。另一个辅助变流器工作在VVVF模式，为牵引通风机等变压变频负载供电。

辅助变流器由预充电回路、辅助四象限整流模块、辅助逆变器模块、中间直流回路、接地检测装置、功率检测装置、控制装置、LC滤波回路等组成。

辅助变流器

变换模式	AC-DC-AC	辅助绕组短路阻抗	30%
额定输入电压	307V	输出电压谐波含量THD	不大于5%
最高输入电压	377V	电压不平衡率	不大于5%
中间标称电压	650V	电压最大变化率	500V/ μ s
标称容量	230kVA (240kVA 10min)	尖峰电压	不大于1000V
最大容量	350kVA (10s)	效率	不小于92%

CVCF输出电压频率	380V/50Hz/3p	四象限IGBT	1700V/2400A
VVVF输出电压	2~380V/3p	逆变器IGBT	1700V/1600A
VVVF输出频率	0.2Hz~50Hz	冷却方式	强迫水循环风冷

3. 列供系统构成

列供系统主要由列供变流器、列供电抗柜、列供配电柜、供电连接器等组成。每台动力车配置有两个列供变流器（LGU），分别位于两个牵引变流柜中，采

用四象限整流技术，额定输出功率200kW，具备单路输出300kW的能力。

每台动力车设置有一个列供配电柜(LGM)，可根据动车组的编组形式，改变列车供电系统的输出状态，同时监视列供输出电压、电流，并进行过流、接地检测，还具备电量统计及相应的显示功能。

每台动力车的首尾端设置都配置两个DC600V供电连接器。前端为救援时使用，后端为拖车供电使用。

列供变流器的工作原理：

列车供电变流器采用AC-DC变化方式，直流输出端接入列车供电系统控制装置，每个列车供电单元标称输出200kW，最大输出功率300kW，每台动力车两个列车供电单元并联输出最大功率不小于600kW。列车供电单元由预充电回路、四象限整流回路、中间直流回路、控制装置等组成。列供控制单元：与CCU进行通讯，控制列供整流具有故障诊断与保护功能

列供变流器

变换模式	AC-DC	绕组短路阻抗	30%
额定输入电压	307V	输出电压相对峰-峰纹波因数	小于15%
最高输入电压	377V	四象限IGBT	1700V/2400A
输出电压	600V	冷却方式	强迫水循环风冷
电压允许变化范围	570V ~ 630V		
标称容量	200kW		
最大容量	300kW		
效率	不小于97.5%		

注：每节车两组供电并联输出，实行均流控制

参考文献：

[1] 时速160公里动力集中型电力动车组（CR200J3）原理与操作. 编委会. 中国铁道出版社. 2020

[2] 中国高铁动车组巡览. 罗春晓. 中国铁道出版社. 2022

作者简介：张天昊（1992—）男，本科，车辆工程，研究方向：铁道机车。