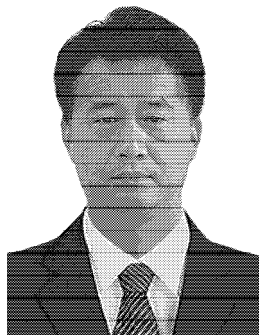


研
究
开
发

4 400 马力调车机车用三相异步交流 牵引电机 CDJD113 的研制

赵晓谦, 管 风

(南车成都机车车辆有限公司, 四川 成都 610051)



作者简介: 赵晓谦(1957-), 男, 高级工程师(教授级), 长期从事牵引电机的研制工作。

摘 要: 根据4 400 马力交流传动调车内燃机车设计任务书对交流牵引电机的设计要求, 完成CDJD113三相异步交流牵引电机的研制。介绍了电机电磁设计、结构设计原则及其主要参数。通过对样机试验和验证, 表明设计研制的异步牵引电机满足机车要求, 性能良好, 产品可靠。

关键词: 4 400 马力调车内燃机车; 三相异步交流牵引电机; 变频调速; 内燃机车

中图分类号: U262.42; U260.9+3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2014)01-0029-04

Development of Three-phase Asynchronous Traction Motor CDJD113 for 4 400 HP Shunting Locomotive

ZHAO Xiao-qian, GUAN Feng

(CSR Chengdu Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610051, China)

Abstract: Aimed at the Ministry of Railway issued AC traction motor design requirements for 4 400 HP AC drive shunting diesel locomotive, the company independently developed CDJD113 three-phase asynchronous traction motor was introduced, including its electromagnetic design, structure design principles and its main parameters. Prototype testing and proving results showed that the designed and developed CDJD113 asynchronous traction motor could meet the requirements of the specification with the advantages of good performances and high reliability.

Keywords: 4400 HP shunting diesel locomotive; three-phase asynchronous traction motor; variable-frequency speed adjustment; diesel locomotive

0 引言

随着铁路运输的发展, 近几年担当正线货物列车牵引任务的机型不断更新换代, 特别是主要干线“和谐”型大功率机车的大量投入运用, 牵引定数不断提高(达到5 000~6 000 t), 各路网性和区域性编组站调车机车牵引能力不相匹配的问题日益凸显, 各路局对大功率调车机车的需求日益迫切。

针对我国大功率调车机车用三相异步交流牵引电机的需求, 2012年铁道部科学技术司科技装函[2012]43号下发了《4 400 马力交流传动调车内燃机车设计任务书》。南车成都机车车辆有限公司在消化吸收“和谐”型机车配套电机制造技术、综合其他交流牵引电机的先

进技术的基础上, 结合国内变流器技术的实际, 创新研制出具有自主知识产权的4 400 HP调车机车用CDJD113三相异步交流牵引电机新产品。本文对4 400 HP调车机车用牵引电机的研制及试验情况进行了介绍。

1 调车机车用牵引电机技术条件和要求

调车机车用牵引电动机要求为无外壳叠片机座的6极异步电动机, 滚动抱轴承鼻式悬挂方式, 采用单边直齿传动, 传动比为86/15, 牵引电动机齿轮轴自带15齿传动齿轮。该电机的冷却为强迫通风, 冷却空气从电机的非传动端上方进入, 从传动端的端盖处排出。牵引电动机附有转速传感器及定子铁心温度传感器。具体技术条件如下:

1) 环境条件

电动机应能在下列条件下正常运行:

①海拔高度: $\leq 2\,500\text{ m}$;

②环境温度(遮荫处): $-40\sim 40^{\circ}\text{C}$;

③空气相对湿度: 最湿月月平均最大相对湿度为 95%(该月月平均最低温度为 25°C);

④电动机在机车正常运行时可能遇到的雨、雪、雾、冰、霜、风、砂以及其他污染物侵蚀;进入电动机内的冷却空气须过滤;

⑤电动机在机车和自身正常运行中能承受由于机械和电气的原因引起的振动和冲击。

2) 结构要求

①电动机是专为调车机车设计的三相鼠笼式异步牵引电动机;

②电动机非传动端采用绝缘轴承;

③定子铁心由高导磁率、低损耗的冷轧电工硅钢片冲制,定子绕组经真空压力浸漆,绝缘等级符合 200 级要求;

④转子铁心由高导磁率、低损耗的冷轧电工硅钢片冲制,采用铜条转子,转轴采用高强度合金钢,转子的动平衡试验要求达到 GB/T 9239 的 G2.5 级或更高;

⑤电动机采用齿轮轴传动;

⑥在定子上方设有接线盒,并有固定三相电缆引出线的装置;

⑦电动机采用强迫通风冷却方式;

⑧电机的非传动端安装有非接触式、高精度的双通道转速传感器;

⑨电机装有用于检测定子铁心温度的温度传感器;

⑩电动机机座上应设有防脱落安全托;

⑪电动机外壳应设置接地螺栓和标识,外壳接地螺栓的设计应保证与接地导线具有良好的连接和足够的接触面积;

⑫电动机引接线、绝缘部分应采用低烟无卤阻燃材料。

3) 牵引电动机的性能要求

①温升限值

电动机在冷却空气温度为 $10\sim 40^{\circ}\text{C}$ 之间的环境条件下,由与本电动机配套的逆变器供电,在持续定额下进行温升试验,各部件的允许温升值不超过表 1 的规定。

表 1 温升要求

电动机部件	测量方法	允许温升 /K
定子绕组	电阻法	200
转子	电温度计法	温升以不损害邻近绕组或其他部件为限
轴承	电温度计法	55

②容差特性

转矩容差: 在规定的特性曲线上,从 0 到 $2\,367\text{ r/min}$ 之间任一点输入电功率时的典型转矩不应小于 95% 的规定值。

损耗容差: 在持续定额时测得的电动机损耗不应

超过从规定特性曲线推导出的值的 15%。

空载电流容差: 空载试验时,施加空载电压 U_0 时的空载电流 I_0 不得偏离典型值 $\pm 10\%$; 典型值为头 4 台电动机(其中 1 台是经过型式试验的)空载电流 I_0 的平均值。

堵转电流容差: 堵转试验时,施加能产生保证额定电流的堵转电压 U_k (U_k 在经型式试验合格的被试电动机上确定,并在以后全部试验中采用),堵转电流 I_k 不得偏离典型值的 $\pm 5\%$; 典型值为头 4 台电动机(其中 1 台是经过型式试验的)堵转电流 I_k 的平均值。

③超速要求

电动机在热态下,以最高转速的 1.2 倍 ($3\,156\text{ r/min}$) 运转 2 min, 应无任何影响电动机正常运行的机械损伤和永久变形。

④绝缘电阻

用 $1\,000\text{ V}$ 直流兆欧表测量定子绕组冷态绝缘电阻,绝缘电阻不得低于 $100\text{ M}\Omega$; 在型式试验中,温升试验后测量定子绕组热态绝缘电阻不得低于 $4.4\text{ M}\Omega$ 。

⑤耐压试验

电动机热态时,定子绕组对机座应能承受 $4\,400\text{ V}$, 50 Hz 正弦交流,历时 1 min 时对地耐压试验,而不发生闪络、绝缘击穿。

⑥振动限值

电动机安装在试验台上,电动机在 $300\sim 2\,630\text{ r/min}$ 范围内振动速度不超过 3.5 mm/s 。

⑦噪声

电动机由与之配套的逆变器供电,空载运行,在 2 个转向测量噪声。测量时,电动机应完全组装好,所有盖板均在位,电动机不与任何其他设备相连接。噪声限值不超过 GB/T 25123.2—2010 规定的限值。

⑧速度传感器

速度传感器工作电压、相位差、输出电平满足速度传感器规格要求。

⑨冲击和振动

若用户和制造商达成协议,电动机可根据 GB/T 21563—2008 进行冲击和振动试验。电动机试验等级为 3 类,若试验条件不满足,可装车进行考核。

⑩称重

将电动机的所有零部件安装好,进行称重,质量 $2\,470 \pm 74\text{ kg}$ 。

2 CDJD113 牵引电动机设计及产品研制

CDJD113 调车机车牵引电机在设计上借鉴“和谐”内燃和电力机车牵引电机的结构及电磁设计,根据调车机车牵引电机实际使用工况及过驼峰限界要求,考虑与国内成熟变流器运行性能匹配,设计电机中心距为 468.6 mm 、额定输出转矩 $9\,670\text{ N}\cdot\text{m}$ 、启动转矩 $10\,500\text{ N}\cdot\text{m}$ 的三相交流异步调车牵引电动机。

电磁设计上,在分析2种电机的电磁参数设计特点的基础上,结合调车机车牵引电机运行工况及结构特点,进一步优化电磁设计参数、转子端环导条和定转子通风道的设计,选取适合的电磁参数,确保把牵引电机温升控制在合格范围。其额定电磁设计的主要参数如表2所示。

表2 CDJD113电动机额定点的主要电磁校核参数

基本参数	数值	基本参数	数值
电势系数	0.925	气隙磁密	1.05 T
线负荷	938 A/cm	定子齿部磁密	1.74 T
功率因数	0.859	定子轭部磁密	1.69 T
最大转矩倍数	2.2	转子齿部磁密	1.76 T
饱和系数	1.36	转子轭部磁密	1.17 T

在电机结构设计上,由于电机额定输出转矩达到9 670 N·m、启动转矩达到10 500 N·m,电机力能指标在原来交直流传动牵引电机的基础上大大增加,因此转轴材料选择了机械性能更高的材料。本电机为无外壳叠片结构设计,在定子结构的设计上更多地借鉴了同类型结构的“和谐”电力机车牵引电动机的设计特点和制造工艺,并在此基础上进行了创新设计。

CDJD113牵引电动机的轴承选型则通过计算轴承的受力状况,将其数据提供给轴承专业生产厂家,由其提供技术支持。电机的定子压圈、前后端盖均进行三维设计及有限元的强度校核,确保结构性能可靠。

CDJD113牵引电动机的主要参数为:

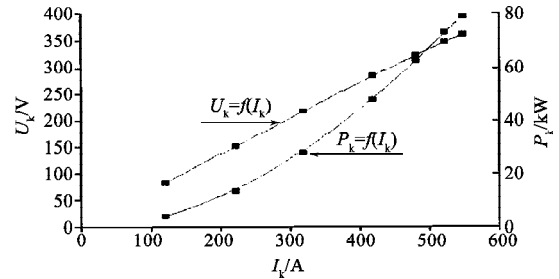
额定功率	520 kW
额定电压	805 V(基波有效值)
额定电流	478 A(基波有效值)
恒功率转速范围	473~2 630 r/min
额定频率	26.4 Hz
额定转速	513 r/min
额定效率	0.915
额定转矩	9 670 N·m
启动转矩	10 500 N·m
极数	6极
最大启动电流	545 A
最高电压	1 326 V(基波有效值)
最大工作转速	2 630 r/min
最高运行频率	133 Hz
绝缘等级	200级
定子绕组接法	Y
冷却方式	强迫通风
通风量	73 m ³ /min
质量	2 470 kg
悬挂方法	滚动抱轴

3 CDJD113 样机试验和验证

样机试制完成后,进行了第三方的型式试验,并

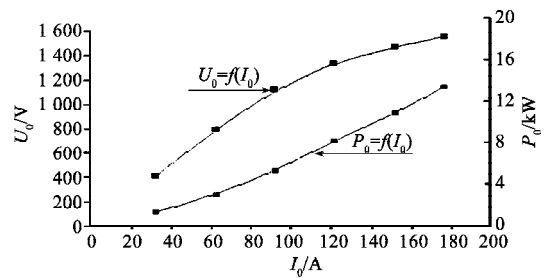
通过了各项试验。其中在逆变器供电下的定子持续温升为95.5 K,牵引和制动特性曲线的转矩值满足95%的转矩容差要求,额定效率94%,样机实际质量2 420 kg。

堵转特性和空载特性试验结果分别如图1和图2所示。



I_k ——堵转电流; U_k ——堵转电压; P_k ——堵转功率

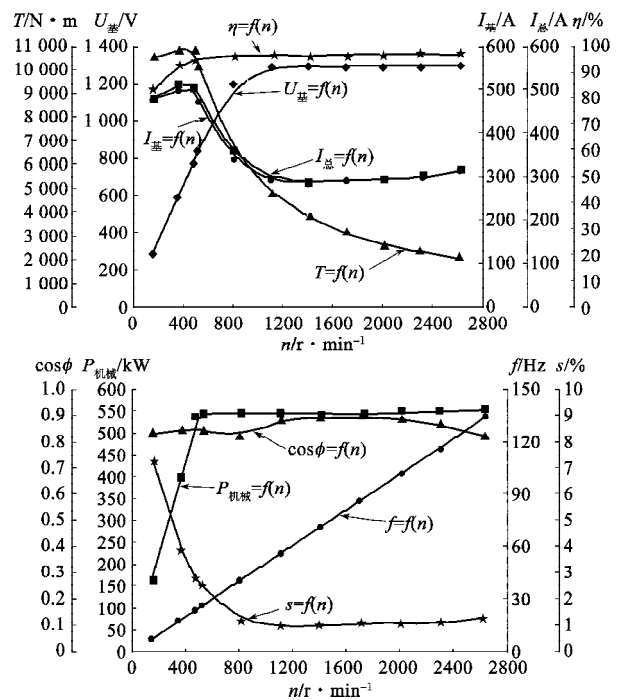
图1 CDJD113 样机堵转特性曲线



I_0 ——空载电流; U_0 ——空载电压; P_0 ——空载功率

图2 CDJD113 样机空载特性曲线

CDJD113三相交流牵引异步电动机在逆变器供电下的牵引特性试验结果如图3所示。牵引特性曲线由3个阶段组成:恒磁通恒转矩的启动阶段、升压恒功阶段和恒压恒功阶段。



n ——电机转速; $P_{机械}$ ——机械功率; f ——频率; $\cos \phi$ ——功率因数; s ——转差率; $U_{基}$ ——基波电压; $I_{基}$ ——基波电流; T ——平均转矩; $I_{总}$ ——总电流; η ——电机效率

图3 CDJD113 样机牵引特性曲线

CDJD113 三相交流牵引异步电动机在逆变器供电下的制动特性试验结果如图 4 所示。

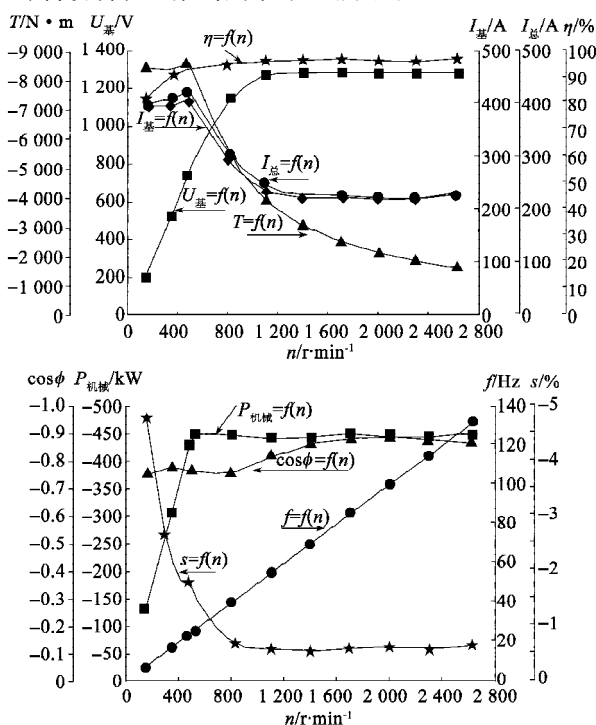


图 4 CDJD113 样机制动特性曲线

将牵引特性计算的电压、转矩与频率的关系和试验的电压、转矩与频率的关系分别绘制在图 5 和图 6 中进行对比可知, 在恒磁通恒转矩和升压恒功阶段, 试验的输入电压略大于计算电压, 与试验所得到的转矩略大于计算值基本吻合, 试验起始点的转矩略小于给定的 (计算的) 转矩 (-0.5%), 说明在低频点的参数还需修正、电压给定还需略微增加。

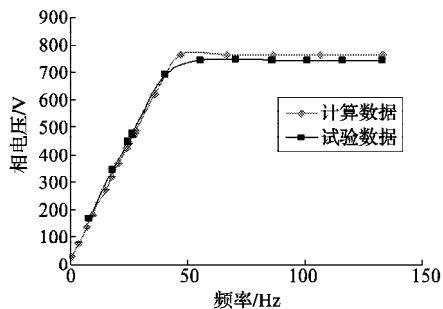


图 5 牵引特性电压与频率的计算和试验对比曲线

在恒压恒功阶段, 试验输入的电压略小于计算电压, 而试验所得到的转矩略大于计算转矩, 结合试验

中平均定子基波电流均略大于计算电流, 可以认为该段的特性基本吻合。

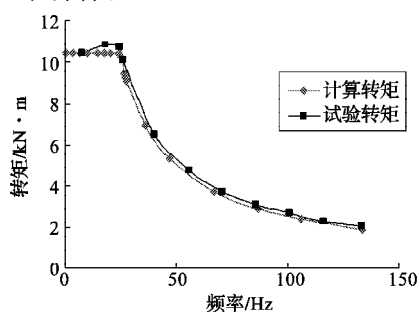


图 6 牵引特性转矩与频率的计算和试验对比曲线

上述试验测试结果表明, 南车成都公司设计研制的 CDJD113 样机满足任务书的要求, 测试指标达到型式试验的技术要求。

6 台产品装备机车后, 在环行铁道试验线完成了整车的牵引和制动性能试验, 完全满足铁道部下发的 4 400 马力调车机车设计任务书中的各项指标, 产品设计可靠。

4 结语

自主设计研制的 CDJD113 三相异步交流牵引电机通过了电机型式试验和整车性能试验考核。结果显示异步牵引电机满足任务书的要求, 性能良好, 产品可靠。该异步交流牵引电机的成功研制表明了南车成都公司已填补了其在大功率调车机车用异步牵引电机产品技术平台上的空缺, 可在此基础上构建基于该平台的系列化产品。

参考文献:

- [1] 邓学寿. CRH2 型 200 km/h 动车组牵引传动系统[J]. 机车电传动, 2008(4): 1-7.
- [2] 李益丰. DF_{8CJ} 交流传动内燃机车用 JD123 异步牵引电动机[J]. 机车电传动, 2006(3): 19-22.
- [3] 李益丰. 电动汽车异步驱动电动机的设计[J]. 变流技术与电力牵引, 2003(6): 35-38.
- [4] 成 熹. CRH2-300 型 350 km/h 动车组用 YQ-365 异步牵引电动机[J]. 机车电传动, 2009(6): 1-5.
- [5] 成 熹. 一种窄轨内燃机车用牵引电动机的设计[J]. 机车电传动, 1995(5): 16-19.
- [6] 樊运新, 高殿柱. 双源制电力牵引调车机车的研发[J]. 电力机车与城轨车辆, 2012(9): 11-15.

