

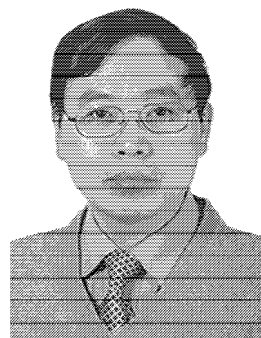
研
究
开
发

CRH380B 型高寒动车组

牵引电机防寒技术

相阿峰¹, 余卫龙¹, 陈明慧²

(1. 永济新时速电机电器有限责任公司, 山西 永济 044502;
2. 长春轨道客车股份有限公司, 吉林 长春 130062)



作者简介: 相阿峰(1970-), 男, 高级工程师(教授级), 主要从事高速动车组牵引电机技术的研发工作。

摘要: 针对 CRH380B 型高寒动车组需要在温度低至 -40℃ 的环境下运行的情况, 指出了牵引电机设计时在该低温环境下需考虑的关键因素, 分析了寒冷环境对牵引电机关键部件的危害性影响, 逐一提出了防寒方面的设计技术方案。

关键词: CRH380B 型; 高寒动车组; YJ105C; 牵引电机; 防寒; 设计技术

中图分类号: U292.91+4; U264.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2014)04-0014-03

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2014.04.004

Cold-proof Technology on Traction Motor of High-cold CRH380B EMUs

XIANG A-feng¹, YU Wei-long¹, CHEN Ming-hui²

(1. Yongji Xinshisu Electric Equipment Co., Ltd., Yongji, Shanxi 044502, China;

2. CNR Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., Changchun, Jilin 130062, China)

Abstract: According to high-cold CRH380B EMUs used at -40℃ outside temperature, this article put forward the key factors of the traction motor that should be taken into consideration when running in the high-cold environment. By analyzing the harmful effects caused by the cold weather to the key components of traction motor, the article brings cold-proof solutions one by one.

Keywords: CRH380B; high-cold EMUs; YJ105C; traction motor; cold-proof; design technology

0 引言

我国地域辽阔, 纬度跨度大, 南、北方季节气温变化不一。为适应东北地区寒冷的气候条件(冬季最低为 -40℃), 长春轨道客车股份有限公司(简称长客股份公司)专门为中国北方地区(特别是东北地区)高速铁路研发了 CRH380B 型高寒动车组。顶层技术指标要求新一代高寒型动车组具有较好的低温适应性, 能在 -25℃ 时启动运行, 在 -40℃ 以内的冰雪运用环境中实现 350 km/h 设计速度正常运营, 能承受 -40℃ 到 +40℃ 间温差巨变的考验, 成为中国最全能的高速动车组。

CRH380B 型高寒动车组为动力分散型, 8 节编组、4 动 4 拖, 牵引功率为 9 200 kW。列车持续运营速度为 350 km/h, 最高试验速度为 385 km/h。永济新时速电机电器有限公司(简称永济电机公司)为 CRH380B 型高寒动车组自主研发了 YJ105C 牵引电机作为动车组驱动动

力源。牵引电机在设计过程中必须考虑寒冷、低温环境变化对电机零部件及材料的破坏性作用。需要攻克的难点主要有: 一是零部件及材料的耐寒性; 二是暖湿气流交换之际产生的“冷凝水陷阱”。

1 电机主要技术参数

电机主要参数如下:

额定功率	587 kW
额定电压	2 750 V
额定电流	145 A (基波)
额定功率因数	0.87 (基波)
额定效率	94.7%
额定转速	4 100 r/min
最高电压	2 800 V
最大启动电流	220 A
最高工作转速	5 900 r/min
极数	4
绝缘等级	200级

通风方式	强迫通风
工作制	S1
运用环境温度	-40~40℃
质量	755 kg

2 电机基本结构

YJ105C牵引电机采用架悬式横向安装在转向架上,通过机座上4个固定点与转向架的支撑固定相联。采用柔性联轴器以及齿轮传动装置将驱动力矩传递到轮对,每列动车组由16台牵引电机驱动。它主要由定子、转子、端盖、轴承和测速装置等部件组成。

为抗击列车在高速运行时受到飞石的打击以及冰雪的侵蚀,YJ105C牵引电机定子采用铸造机座+定子铁心套装结构。定子铁心由高导磁率、低损耗的冷轧硅钢板叠压,采用绝缘螺杆拉紧结构。定子绕组为双层成型绕组,为了得到足够的机械强度、良好的电气性能与优良的热稳定性,定子绕组用端箍固定。定子绕组绝缘采用200级耐电晕绝缘系统。

转子为铜条鼠笼结构,采用铜质导条与特殊铜合金端环焊接而成。转轴采用锻造的优质合金钢材料。

电机采用两轴承结构,两端均为高品质的绝缘轴承,采用油脂润滑。轴承密封采用非接触式迷宫结构。在2个端盖上均设有加油嘴,使用中可定期补充润滑脂。端盖上还设有泄油腔,可存储流出的废油,维护时定期清除,避免污染环境。

牵引电机在定子铁心齿、两端端盖轴承室中安装有温度传感器,用于定子绕组及轴承温度的监控以及给控制系统提供信号。在电机的非传动端安装有非接触式、高精度的测速传感器,它提供两路相差90°的速度信号来测量电机转速并判定电机转向以便对电机进行控制。

3 电机防寒设计方案与技术

牵引电机的安全运行至关重要。其中在低温使用环境下,电机部件材料、轴承润滑脂、电器部件、绝缘系统的选取和设计是关键环节,对一些材料在低温环境下保持良好性能也提出了更高要求。

为了满足牵引电机在-40℃低温环境下的正常运用,首先需要构成牵引电机主体结构的金属材料能够满足低温的要求。金属材料在低温下机械性能与常温状态下相比有较大的差别,某些金属材料延展性和柔韧度会急剧降低,即发生低温冷脆断裂。这种失效形式与韧性断裂相比没有前兆,发生速度极快,吸收的能量很少,极易引发事故,甚至会造成灾难性重大事故。这对运行安全要求严格的轨道交通来说,尤为致命。如果缺乏专门的低温金属材料知识和性能数据,将会造成选材和设计不当,在低温环境下电机运行中将引发失效事故。因此在低温下工作的构件,在设计时不仅要考虑机械性能的常规指标,还要考虑低温下金属材料的

脆性转变问题。特别是缺口的存在会促使材料脆化,增加低温脆性的危险性,因此重点要考虑低温下的冲击韧度。实施的材料缺口冲击韧性试验综合考察了低温、应力集中及形变速度三大因素对材料脆化的影响。

3.1 机座

牵引电机机座是整个电机的机械支撑部件,不仅受到电磁力矩、齿轮传动力等准静态载荷,同时还承受线路不平顺等因素造成的动态冲击载荷,要求具有良好的强度和刚度,以保证其运转性能和寿命均满足使用要求。YJ105C牵引电机机座为整体铸造结构,设计时借鉴寒冷地区适用的风电设备铸件经验,材料选用了强度、韧性、耐磨性、耐腐蚀性都较高的新型工程材料低温高韧性球墨铸铁材料QT400-18LT(-50℃),力学性能满足:

①常温:抗拉强度 $R_m \geq 400$ MPa;屈服强度 $R_{p0.2} \geq 240$ MPa;伸长率 $A \geq 18\%$

②低温冲击韧度:-50℃条件下冲击吸收功 $A_{KV} \geq 12$ J。

要求铸件组织致密,不允许有缩松、缩孔、夹渣、裂纹等铸造缺陷,不允许焊补。

在研制过程中通过选用优质原材料、合理选择化学成分、确定了高性能铸件材料熔炼配比,采取严格的球化处理与孕育处理工艺以及热处理等措施,成功实现了牵引电机机座铸造技术。铸件不仅力学性能满足要求,而且内部质量分别达到射线标准ASTME186的三级和磁粉探伤标准DN1690-2的二级水平。同时在研制过程中建立了球墨铸铁铸件-50℃低温冲击功材料数据库。目前不但我国还没有系统的-40℃、-50℃等低温铁素体球墨铸铁的标准,在国际和欧洲也没有相应的标准可依,此举为我国制定、完善高性能球墨铸铁标准提供了有力支撑。

3.2 端盖

为了减轻质量,YJ105C牵引电机采取了轻量化设计,利用铝合金材料具有密度小、比强度高、无磁性、在磁场中比电阻小、低温下合金相稳定等特性。其前、后端盖采用了铝合金材料AlSi7Mg0.3铸造。用该合金制作的铸件可获得较高的强度和延伸率,也有较好的抗氧化和抗腐蚀能力,热膨胀系数小,并具有高冲击性和高压下的致密性。为测试铝合金材料能否适应-40℃的运营环境,对AlSi7Mg0.3材料在-40℃温度下进行了机械性能测试,试验结果见图1。与常温下性能结果对比表明,铝合金材料机械性能受温度变化影响不大,这主要是因为AlSi7Mg0.3铝合金是具有面心立方晶格的金属,低温下合金相稳定,具有良好的低温机械性能。

3.3 转轴

牵引电机相较于普通电机,对转轴材料机械性能要求高,一般选用中碳合金结构钢。但在低温状态下,低温可以使部分合金钢的力学性能发生显著变化,强