

研
究
开
发HXD3C 型交流传动电力机车
通风冷却系统

隋锡征, 邓纪辰

(中国北车集团大连机车车辆有限公司, 辽宁 大连 116022)



摘 要: 从机车设计角度介绍了 HXD3C 机车通风冷却系统主要部件组成、结构布置、性能参数等特点, 描述此系统的设计采用高度集成化、模块化的设计思路, 提高了通风冷却性能, 减轻了重量, 使得机车总体设计更加合理。

关键词: HXD3C 交流传动电力机车; 通风冷却系统; 设计理念; 技术参数

中图分类号: U264.5+5

文献标识码: A

文章编号: 1000-128X(2012)06-0027-03

作者简介: 隋锡征 (1972-), 男, 高级工程师, 主管机车通风传动系统设计工作。

Ventilation and Cooling System for HXD3C AC Drive Electric Locomotive

SUI Xi-zheng, DENG Ji-chen

(Dalian Locomotive and Rolling Stock Co., Ltd., CNR Group, Dalian, Liaoning 116022, China)

Abstract: Ventilation and cooling system of HXD3C AC drive electric locomotive was introduced from main consisting components, structural characteristics, capability parameter etc, which adopted highly integrated and modularized design idea to improve the ventilation-cooling performance, reduce weight, and make overall locomotive design more reasonable.

Key words: HXD3C AC drive electric locomotive; ventilation and cooling system; design idea; technical parameter

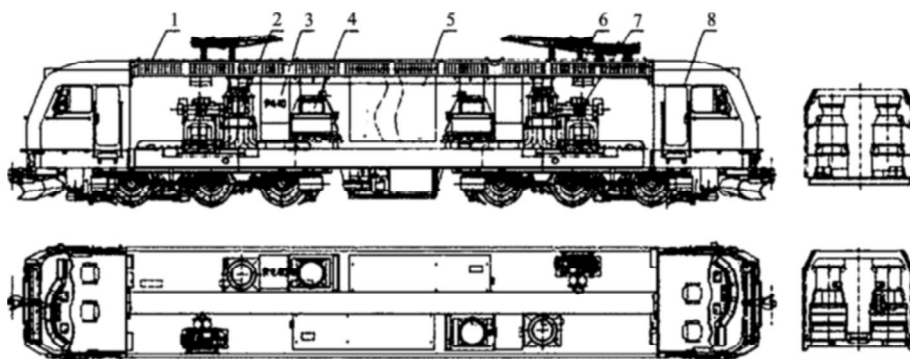
0 引言

HXD3C 机车是大连机车车辆有限公司在 HXD3 型和 HXD3B 型电力机车基础上自主研发的交流传动六轴 7 200 kW 干线客货通用电力机车。该车装有较大功率电气设备, 如变压器、变流器、牵引电机等, 这些电气设备在工作中因损耗将产生较多热量, 为了保证机车正常运行, 必须对这些电气设备进行通风冷却。本文对 HXD3C 型电力机车通风冷却系统的作用、设计方法、设备布置、结构特点及技术参数等进行介绍。

1 通风冷却系统布置及主要特点

HXD3C 型电力机车通风冷却系统主要作用是对机车上需要进行强迫冷却的电气设备实施强迫通

风冷却, 以使它们的工作温升不超过允许值, 保证电气设备正常、可靠地工作。另外, 通风系统还提供司机室空调、机械间换气、卫生间通风等功能, 以给司乘人员提供良好的工作环境。主要设备布置如图 1 所示。



1 —顶盖过滤器; 2 —牵引电机通风; 3 —列车供电柜通风; 4 —牵引变压器与主变流器复合冷却; 5 —辅助变流器通风; 6 —机械间通风; 7 —空压机通风; 8 —司机室通风

图 1 HXD3C 机车通风冷却系统设备布置图

机车采用独立通风系统, 按机车纵向中心线斜对

收稿日期: 2012-04-20; 收修修改稿日期: 2012-08-03

称布置在机车中间走廊两侧,各通风回路有各自相对独立的通风管道,各风路系统之间不相互影响,不需要进行风量分配。

HXD3C型电力机车通风系统主要特点如下:

① 通风系统设计采用高度集成化、模块化的设计思路。根据机车总体对称布置以及需要冷却装置的要求,采用独立通风冷却技术,具有结构简单、进风面积大、风阻小,各通风支路风量分配均匀等特点。

② 对通风所需的冷却空气进行必要的净化。如牵引电机通风冷却系统采用离心沉降式过滤器+棕纤维过滤器的二级过滤方式对吸入的空气进行净化。过滤精度较高,净化效果较好,电气部件所积灰尘减少,提高了工作可靠性。

③ 牵引变压器油冷却和主变流器水冷却使用油、水复合冷却器。采用这种“复合冷却”技术,使机车主要部件减少,缩减了油、水联接管路,减小了流阻,提高了冷却性能,减轻了重量,使得机车总体设计更加合理。

④ 通风系统采用性能较好的轴流通风机组。它们所采用的滚动轴承是进口单列深沟球轴承,密封方式为双面密封,具有较高密封性,防尘性能好,平时勿需加润滑脂,日常维护方便,运用寿命长。

2 机车通风冷却系统风量分配

HXD3C型电力机车通风冷却系统主要包括:牵引电动机通风、牵引变压器与主变流器冷却的复合冷却通风、辅助变流器通风、列车供电柜通风、司机室通风、空气压缩机通风和机械间通风等通风系统,如图2所示。

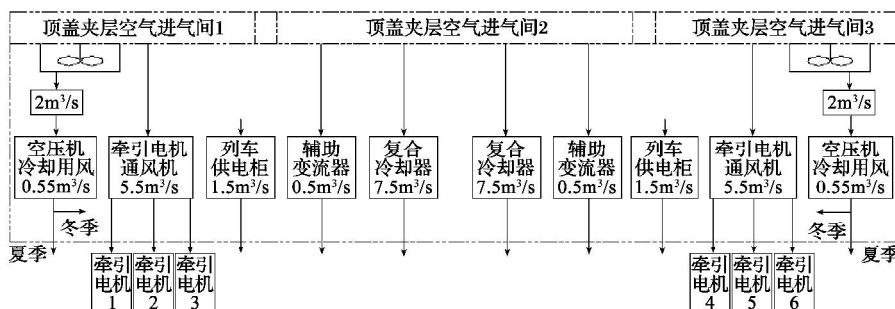


图2 HXD3C 机车通风冷却系统风量分配图

3 通风系统

整个通风系统都是采用顶盖夹层进风方式,该系统的离心沉降过滤器通过合页和锁安装在车体顶盖上,最外面的过滤器可以方便地打开,便于清洗更换里面的棕纤维过滤网和侧墙板式粗滤器。为了降低进风阻力,提高过滤效率,过滤器的尺寸做得尽可能大。顶盖1、3主要为牵引电机和机械间内通风,因此需要清洁度较高的空气,并在顶盖1、3处加装棕纤维过滤器以

提高过滤精度。顶盖2主要为复合冷却器和辅助变流器通风,不需要过高要求的清洁空气,只需加装侧墙板式粗滤器即可满足过滤精度,并可有效地阻止柳絮等杂物进入通风系统。

3.1 牵引电机通风系统

牵引电动机通风系统由2台通风机组来完成,每台通风机组分别用来冷却3台牵引电动机。牵引电动机通风系统如图3所示。

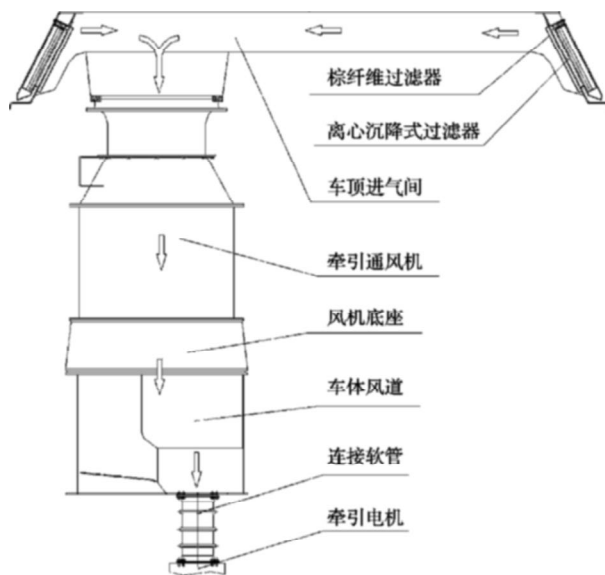


图3 牵引电动机通风系统示意图

每组牵引电动机通风支路空气走向如下:

车外大气→离心沉降式过滤器→棕纤维过滤器→车顶进气间→通风机→风机底座→车体风道→连接软管→牵引电机→大气。

牵引通风机组型号为BAF-80A。

主要技术参数:

额定风量	5.5 m³/s
额定风压(静压)	≥ 3 600 Pa
额定输出功率	35 kW
额定电压	AC 380 V
额定频率	50 Hz
额定转速	2 950 r/min
质量	600 kg

3.2 牵引变压器与主变流器复合冷却系统

牵引变压器、主变流器复合冷却系统主要工作原理如图4所示。

复合冷却系统由2台独立的复合冷却通风机组等部件组成,分别对2组复合冷却器进行独立通风冷却,复合冷却器通风系统如图5所示。

每台复合冷却通风支路的冷却空气走向如下:

车外空气→离心沉降式过滤器→侧墙板式粗滤器→车顶进气间→复合冷却器风机组→异径风道→复合冷却器→车底大气。

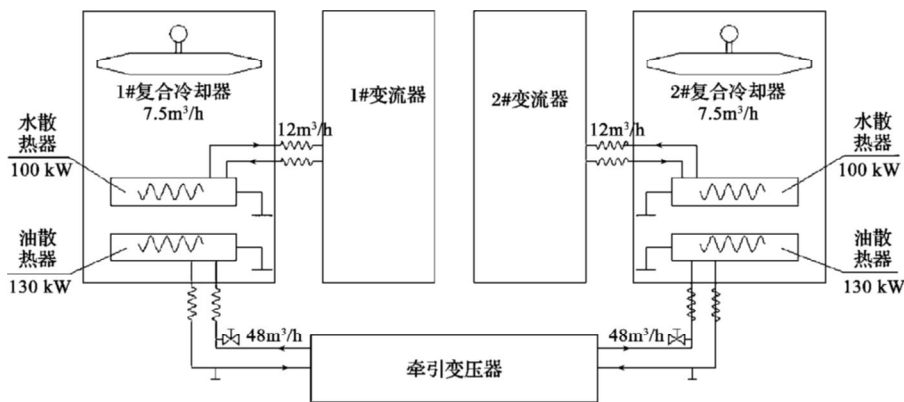


图 4 牵引变压器、主变流器复合冷却系统原理图

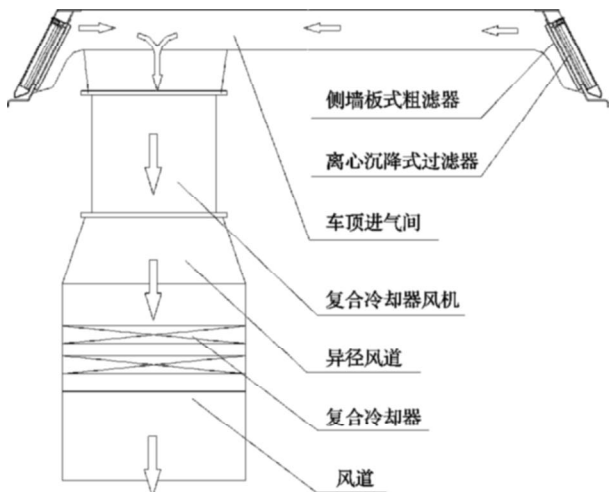


图 5 复合冷却器通风系统示意图

复合冷却通风机组型号为 RPF-67B。

主要技术参数：

额定风量	7.5 m³/s
额定风压(静压)	1 495 Pa
叶轮直径	665 mm
额定输出功率	20 kW
额定电压	AC 380 V
额定频率	50 Hz
额定转速	2 930 r/min
质量	300 kg

复合冷却器的型号为 FL230B，复合型全铝合金板翅式高效冷却结构，上部为水散热器（为主变流器冷却，冷却介质为 45% 纯水+55% 乙二醇），下部为油散热器（为牵引变压器冷却，冷却介质为变压器油）。

复合冷却器主要技术参数：

冷却方式	强迫水、油循环风冷方式
总散热量	≥230 kW(其中水散热量≥100 kW，油散热量≥130 kW)
强迫通风量	7.5 m³/s
总风阻	≤1 200 Pa
水流量	12 m³/h
油流量	48 m³/h
进口最高温度	风温40 °,水温66 °,油温85 °

出口温度 风温≤79 °;
 水温≤60 °,油温≤79 °

3.3 机械间通风系统

在机械间顶部布置了 2 台车体通风机，分别往机械间吹风，其主要作用，首先是为列车供电柜通风冷却，其次保证机械间始终有一微正压（约为 70 Pa），以保证车内清洁和密封，再次是保证提供空气压缩机、卫生间等所需的清洁空气，最后带走机械间电气设备所散发的热量。

风扇吹入机械间的风量约 4 m³/s，通过车体底架排出约 1 m³/s。机械间内有一压力平衡装置，当机械间压力超过 70 Pa 时，在压力作用下自动打开平衡装置的排气门，以降低车内压力。

3.4 辅助变流器通风及其他通风系统

机车的 2 台辅助变流器装置，分别安装在 2 台牵引变流器装置柜内，具有各自独立的通风冷却系统，辅助变流器通风冷却系统见图 6 所示。

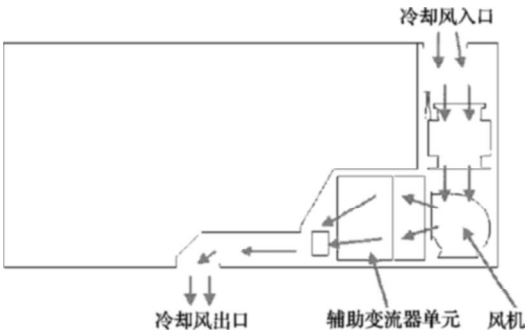


图 6 辅助变流器通风冷却系统示意图

每台辅助变流器通风支路的冷却空气走向如下：
车外空气→离心沉降式过滤器→棕纤维过滤器→车顶进气间→辅助变流器装置柜进风口→通道→离心通风机→各散热元件→风道→柜出风口→车底大气。

列车供电柜通风支路的作用是采用强迫风冷方式对供电柜的功率开关器件和电抗器等发热电器件进行冷却。全车共有 2 个列车供电柜，由于供电柜不允许冷却空气中含有水珠及灰尘，故采用机械间内进气方案。每台列车供电柜通风支路的冷却空气走向为机械间进气（约 1.5 m³/s）→列车供电柜→车体底架→大气。

HXD3C 型电力机车司机室通风采用单元式空调机组，分别安装在机车 I、II 端司机室前端罩板内，分别设置有降温通风支路和升温通风支路。

机车内设有一个卫生间，它的通风系统是：车内空气经过卫生间侧壁的电动排风扇进入卫生间内，再经过卫生间顶部的格栅将空气排到车顶进气间并排出车外。

空压机通风散热采用机械间进气，（下转第 33 页）

剂;进行蒸发和冷凝强度的匹配、合理的设计,减小热管自身的热阻 R_4 ——最重要的技术关键。

③减小热管和散热片之间的接触热阻 R_5 ,采用低温焊接。

5 热管散热器的应用情况

热管赋予换热装置以超导热性(类似于超导电性)。

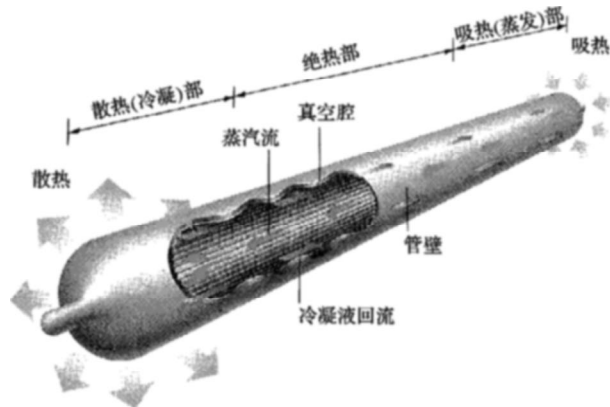


图7 热管剖面示意图

图7是典型热管剖面示意图,它由密封的外壳、管芯和介质液组成,热管内抽真空并填以少量的介质液体,介质的量刚好能使芯层饱和浸润,水是用在电子冷却器热管中的典型介质,而成为热管的组成部分,处于内部气压下液汽两相平衡状态。

当热量进入蒸发部,打破均态产生蒸汽,汽压迅速上升,高压蒸汽流向冷凝端部,在此处迅速降低温度则使蒸汽冷凝并释放出蒸汽中的潜热,然后冷凝成的液体在细芯层吸力的作用下泵回蒸汽部。

这种连续的液汽相变循环作用传导了大量的热能,并是以十分低的温差实现的,而且热管的作用并不需要外助力,即是无源的,仅仅是通过传导热中的余量来驱动的,这种无源作用保证了其高可靠性和长寿命。

热管散热器已广泛应用于SS₄G交直相控电力机车大修车上,以4柜/车计算,共计装车100台主整流柜、

1000对热管散热器(第1台SS₄G0283号机车于2004年装车,至今已经运行7年时间共55万km里程),现场运行状态非常良好,并且于2010年在郑州铁路局进行了局级成果鉴定。后又在SS₆B大修机车、DF₄和DF_{8B}内燃机车上成功装车,单件最小的热阻为0.016 K/W。

总之,装车的各类热管散热器总计达700柜,累计运行里程约450万km,无一次热管引起的故障,无故障时间MTBF=25954h,表现出很高的可靠性。而今CRH₂型动车CI上采用的热管材料、工艺和前面应用的是完全一致的,即单管铜质-纯水重力式热管、铝基板、铝散热片相同,唯一不同的就是功耗大些、热阻小些,对生产工艺要求更高些。热管底部扩大截面的工艺采用了高频铜焊,更加保证了焊缝的强度和可靠性。

6 结论和展望

DG7027样品在散热性能上,完全满足并且超过了进口部件(H1X3206)目标值要求,达到热阻为0.0051 K/W,小于热阻目标值0.005656 K/W,并且有一定的裕量,同时还通过了振动试验和高低温热负荷循环等项目型式试验,为今后工艺上加以完善后实现批量生产奠定了坚实的基础。

参考文献:

- [1] 张曙光. CRH₂型动车组[M]. 北京:中国铁道出版社,2008.
- [2] 杨阔盛. 300 km 动车热管散热器资料[R]. 株洲:株洲时代散热技术有限公司,2011.
- [3] 朱继贤,李春阳. 一种变流器热管散热器:中国,ZL.200920065887.7[P]. 2010-06.
- [4] 李春阳. 新型变流器热管结构及其应用[C]//吕树申. 第十二届全国热管会议论文集. 深圳:中国工程热物理学会热管专业组,2010:324-326.
- [5] 李春阳,徐景秋. 热管散热器在新型变流装置中的开发应用[J]. 机车电传动,2005(2):14-16.
- [6] TB/T 2437-2006, 机车车辆用电力变流器特性和试验方法[S].
- [7] Nelson J Gemart. Heat pipe reliability documentation[J]. 变流技术与电力牵引,2004(6).
- [8] Garner S D. 热管——一种高效换热的实用方法[J]. 变流技术与电力牵引,2004(6).

(上接第29页)冷却空压机后,冬季热空气排到车内,并由车体排气口排出车外;夏季热空气直接通过风道排出车外。每台空压机冷却空气的流量为0.55 m³/s。空压机压缩空气用的流量为2.4 m³/min,而且空压机不连续工作,所以压缩空气的流量可以忽略。

4 结语

HXB₃C机车已通过型式试验和运用考核,现已出车600余台,担任着我国铁路列车牵引的重要任务,在

长期的运用过程中通风冷却系统没有出现过大故障,经受住了时间的考验。

参考文献:

- [1] 张亚军. HXB₃B型交流传动电力机车通风冷却系统[J]. 电力机车与城轨车辆,2010(2).
- [2] 张有松,朱龙驹. 韶山4型电力机车[M]. 北京:中国铁道出版社,1998.