机车电传动 2016 年第 5 期（2016–09–10）
ELECTRIC DRIVE FOR LOCOMOTIVES № 5，2016（Sep. 10, 2016）
文章编号：1000–128X(2016)05–0051–04

电力机车牵引电机通风系统比较

武学良，刘银涛，郝占红
（中车大同电力机车有限公司 技术中心，山西 大同 037038）

摘 要：比较分析了多国电力机车牵引通风方式的使用情况，重点介绍了离心式通风机和轴流式通风机 2 种电力机车通风机的优缺点，列举几种最常用的牵引通风过滤器结构，搭建了车体侧墙独立通风方式、顶盖夹层独立通风方式牵引通风系统的 2 个技术平台。

关键词：牵引通风系统；车体侧墙；顶盖夹层；独立通风
中图分类号：U264.5^{+}5 **文献标识码：**A
doi：10.13890/j.issn.1000-128x.2016.05.103

Summarization of Electric Locomotive Traction Ventilation System

WU Xueliang, LIU Yintao, HAO Zhanhong

(Technical Center, CRRC Datong Co., Ltd., Datong, Shanxi 037038, China)

Abstract: Status of traction ventilation system of multinational was compared and analyzed, emphasis on the merits and drawbacks of the centrifugal fan and axial fan. Several traction ventilation filter structures were listed, and the two technical platforms of bodywork side wall independence ventilation system and roof interlayer independence ventilation system were built.

Keywords: traction ventilation system; bodywork side wall; roof interlayer; independence ventilation system

0 引言

在机车运行过程中，牵引电机为机车持续提供动力，是保证机车安全、顺利运行的关键部件。随着机车向高速和重载的发展，牵引电机的功率密度不断增加，对其散热性能和冷却效果提出了更高的要求。因此设计出结构合理的牵引冷却通风系统显得尤为重要。近年来随着 CFD(computaion fluid dynamics) 技术的不断发展完善，可以将 CFD 技术应用到牵引通风系统的设计中，以弥补传统经验性设计的缺陷，使设计过程更为完善。

1 电力机车牵引通风方式比较

为确保牵引电机有效可靠地工作，国内外电力机车普遍采用独立通风方式，并设有空气过滤器以净化冷却空气，防止尘埃污染。牵引通风方式具体有 3 种。

收稿日期：2015–12–24；修回日期：2016–04–10

第 1 种，车顶侧斜面独立通风方式。以德国 E120 机车为代表，牵引电机通风机采用轴流风机，由独立风道从车顶侧斜面经复合喷嘴式过滤器吸风吹向电抗器、牵引电机进行冷却，并吹入车内保证机械间微正压；以 HXD1 系列机车为代表，牵引电机通风机由独立风道从车顶侧斜面经过滤器吸风吹向牵引电机进行冷却。

第 2 种，车体侧墙独立通风方式。以日本 EF200、EF500 和我国 HXD2 系列机车为代表，牵引电机通风机采用传统的离心风机，经侧墙惯性除尘器过滤，冷风吹向牵引电机进行冷却。

第 3 种，顶盖夹层独立通风方式。以瑞士的 460 及我国的 HXD3B、HXD3C 机车为代表，铝制的车顶盖形成夹层大进风箱，由牵引电机通风机形成独立风道，冷风由车顶侧斜面过滤器吸入，经轴流风机吹向牵引电机，然后经车底排入大气。

国内外机车独立通风方式汇总如表 1 所示。

表 1　国内外机车独立通风方式

型号	国别	走廊形式	最大速度 /（km·h^{-1}）	通风方式
HXD1、HXD1B、HXD1C	中国	中间走廊	120	车顶侧斜面独立通风
HXD3	中国	中间走廊	120	
E120	德国	中间走廊	160	
SS7D	中国	双边走廊	160	
HXD1D	中国	中间走廊	160	
E120.1	德国	中间走廊	200	
S252	西班牙	中间走廊	220	
BR127	德国	中间走廊	230	
HXD2、HXD2B、HXD2C	中国	中间走廊	120	车体侧墙独立通风
HXD2D	中国	中间走廊	160	
模块化 SS7E	中国	中间走廊	160	
ICE	德国	中间走廊	280	
TGV	出口韩国		300	
HXD3B、HXD3C	中国	中间走廊	120	顶盖夹层独立通风
RE4/4	瑞士	中间走廊	130	
450 式	瑞士	中间走廊	130	
HXD3D	中国	中间走廊	160	
天梭号	中国	中间走廊	200	
熊猫号	中国	中间走廊	210	
460	瑞士	中间走廊	230	
465	瑞士	中间走廊	230	
蓝箭号	中国	中间走廊	235	
中华之星	中国	中间走廊	270	

从表 1 所列的国内外机车通风方式可看出，速度在 120~300 km/h 之间的机车，3 种独立通风方式的运用大致相当，达到的通风效果几乎相同；速度大于 200 km/h 的机车，大多采用顶盖夹层独立通风方式或车顶侧斜面独立通风方式；速度大于 250 km/h 的德国 ICE 系列和法国的 TGV 系列采用车体侧墙独立通风方式。

ICE 系列动力车的速度为 280 km/h，其通风采用侧墙设置惯性分离滤清器吸风的独立通风方式。采用这种惯性分离滤清器后，滤清器不需要清扫维护，ICE 动力车是在 E120 基础上发展起来的，1979 年制造的首台 E120 机车的最大速度为 160 km/h（200 km/h），其吸风口为车顶侧墙斜面上的空气过滤器。由于速度提高，车体侧墙斜面上负压较大，空气存在较大的扰动，再加上车体侧墙斜面上设置空气过滤器结构复杂，因此在 ICE 上改为采用侧墙设置惯性分离滤清器吸风的独立通风方式，这种通风方式的技术关键为惯性分离滤清器。大同电力机车有限责任公司（以下简称同车公司）技术引进的 HXD2 机车以及后续自主研制的 HXD2B、HXD2C、HXD2E 机车均采用了独立通风方式技术。

TGV 系列动力车早期的通风采用车体侧墙斜面吸风，而在为韩国制造的 TGV 动力车则采用车体侧墙吸风。

2　通风机的类型和特点

电力机车上通常采用的通风机包括两大类型：离心式通风机和轴流式通风机。

离心式通风机的结构包括蜗壳、叶轮、电动机。当叶轮在蜗壳内作高速旋转时，叶片间的空气也被迫作高速旋转，在离心力的作用下，沿叶轮甩出来，以一定的速度沿蜗壳经出风口进入风道，当叶轮中的空气被排出后，就形成了负压，吸气口外面的空气在大气压力作用下又被压入叶轮中。因此，叶轮不断地旋转，空气也在通风机的作用下，在风道中不断地流动。离心式通风机具有风压大、风力比较集中等特点。

轴流式通风机的结构包括电动机、风道、叶片。叶轮在电动机驱动下高速旋转，由于叶片有一定的斜度，形成空气的轴向流动，叶轮背面形成真空，外界空气不断补入。轴流式通风机的特点是风的压力比较小，其风力较分散，不适用于远距离的通风冷却，但其体积小、转速快，效率也比较高。

离心式通风机和轴流式通风机在电力机车通风系统中均被采用，牵引通风机一般采用离心式通风机，复合冷却塔通风机一般采用轴流式通风机。

目前机车上采用的牵引通风机一般是传统离心式风机和斜流风机。从 2 种风机性能上对比，轴向离心式风机压头大、风量大，而传统离心式风机压头大，风量小。因此在同等风机性能下，轴向离心式风机体积更小、重量更轻，更节省空间，有利于减轻机车重量。

3　牵引通风过滤器

电力机车的通风设备是保证机车正常运行的重要设备，其中的通风过滤器也是必不可少的关键部件。通风过滤器过滤空气质量的高低，直接决定了车内空气清洁度的程度，而且也直接影响到电器件能否正常工作和其寿命的长短。目前，电力机车上牵引通风过滤器的结构很多，以下列举几种最常用的牵引通风过滤器。

3.1　双 V 型结构过滤器

电力机车牵引通风过滤器采用的双 V 结构的人字型百叶窗加过滤网（棕草垫或无纺布或不锈钢钢丝滤网）结构如图 1 所示。进风口百叶窗为人字结构，风不能直线进入车内，而要经过人字型百叶窗构成的迷宫途径进入，随风所带尘埃撞击人字型百叶窗后，部分会下落，经过滤网后又有部分被阻挡，因此对进入车内的风，具有一定的除尘作用。存在的问题是随风所带尘埃撞击人字型百叶窗下落后，无处收集，又不能排出车外，积聚在百叶窗和过滤网之间，有一部分尘埃会粘附在过滤网上，这就要求经常维护清洗，甚至更换过滤网，否则将降低滤尘性能，增大尘埃进入

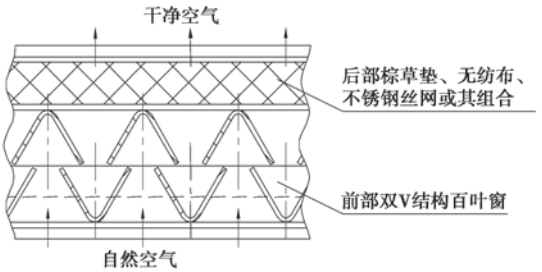

图 1　双 V 型结构过滤器示意图

车内的可能性。

3.2　管纬式结构过滤器

管纬式结构过滤器由前部导流体、中部旋流体和后部出风体三元件组成，在滤清器前部导流体和后部出风体之间，交错地设置一组中部旋流体。

自然空气通过前部导流体进行加速，加速后的空气被中部旋流体和后部出风体收集并转向，由于惯性的影响，颗粒到达中空区，在中空区域由于气流速度降低形成聚集区。在这里颗粒被分离出来并靠重力向下缓慢运动，在中空区下面装有积尘器，收集灰尘和雨水，积尘器前面设有排尘口，可直接将灰尘和雨水排出车外。管纬式结构过滤器具有低压降、低噪声、免维护、重量轻等特点，结构图如图 2 所示。

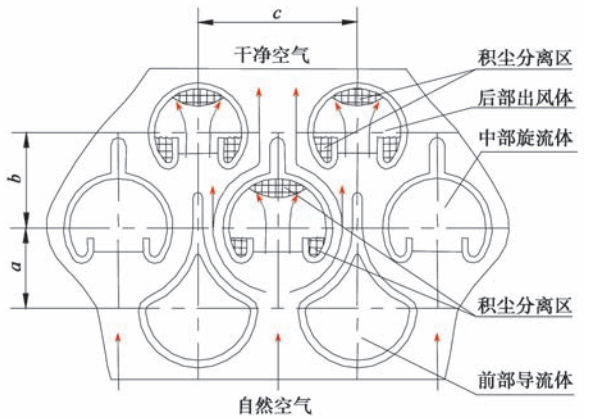

图 2　管纬式过滤器结构

3.3　MF5 型结构过滤器

继技术引进 HXD2 型机车后，同车公司研制的 HXD2B、HXD2C、HXD2D、HXD2F、中白货运 1 型、中白货运 2 型机车以及“轴重 18 t、200 km/h 八轴客运电力机车”牵引电机通风系统过滤器均采用 MF5 型结构过滤器。

MF5 型结构过滤器前部设有前部导流体，中间设有中部旋流体，后部设有后部出风体，下部设有沉积室，在沉积室的下部前方设有排尘排水口，外界空气在前部导流体的进风口处加速，加速后的灰尘和水滴因含有较高的冲量而进入中部旋流体和后部出风体并减速，由于本身的重力而下坠至沉积室，随即排出，实现免维护和自清洁。MF5 型过滤器结构如图 3 所示。

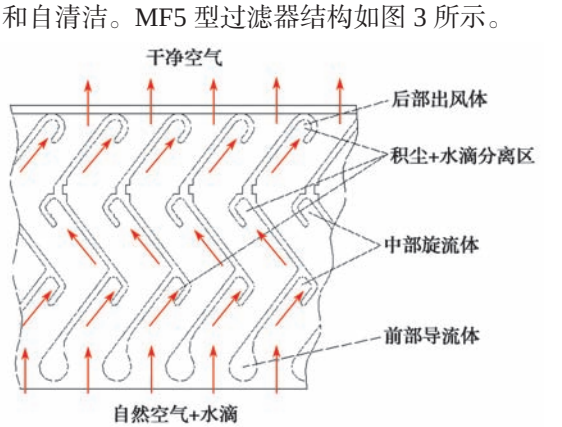

图 3　MF5 型过滤器结构示意图

3.4　过滤器试验

上述 3 种过滤器试验结果如表 2、表 3 所示。

表 2　过滤器滤尘效率对比　　%

类型	不同风速下的滤尘效率		
	2.0 m/s	3.5 m/s	4.5 m/s
双 V 结构过滤器	69.2	48.9	20.0
管纬式结构过滤器	71.4	41.0	42.4
MF5 型结构过滤器	71.4	41.7	33.0

表 3　过滤器阻力对比　　N

类型	不同风速下的过滤器阻力		
	2.0 m/s	3.5 m/s	4.5 m/s
双 V 结构过滤器	359	781	1 172
管纬式结构过滤器	108	255	421
MF5 型结构过滤器	24	95	145

从表 2、表 3 的试验结果可以得出：

①风速在 2.0 m/s 时，双 V 结构过滤器、管纬式过滤器、MF5 型结构过滤器的过滤效率基本相当；风速在 3.5 m/s 时，管纬式过滤器与 MF5 型结构过滤器的过滤效率基本相当，双 V 结构过滤器的过滤效果比较管纬式过滤器、MF5 型结构过滤器略高一些；风速在 4.5 m/s 时，管纬式结构过滤器过滤效率最高，其次是 MF5 型结构过滤器，双 V 结构过滤器差一些。通常过滤器的风速按照 2.0~3.5 m/s 进行设计。

②风速在 2.0 m/s、3.5 m/s、4.5 m/s 时，MF5 型结构过滤器的阻力最小。

4　牵引通风方式

车顶侧斜面独立通风方式、车体侧墙独立通风方式和顶盖夹层独立通风方式的运用大致相当，达到的通风效果几乎相同。自大功率交流传动电力机车技术引进以来，中车株洲电力机车有限公司研制的机车大部分采用车顶侧斜面独立通风方式；中车大连机车车辆有限公司研制的机车大部分采用顶盖夹层独立通风方式；中车大同电力机车有限责任公司研制的机车分别采用车体侧墙独立通风和顶盖夹层独立通风 2 种通风方式。

4.1　车体侧墙独立通风方式

同车公司开发的 HXD2B、HXD2C、HXD2D、HXD2F、中白货运 1 型、中白货运 2 型机车均采用车体侧墙独立通风方式，通风机电机采用离心式通风机。

该种独立通风方式的通风机进风口和车体侧墙过滤器之间通过过渡风道连接，车外空气经车体侧墙过滤器进入过渡风道，经通风机进风口进入通风机，再经下风道以及车体和转向架之间的软风道进入牵引电动机。过渡风道采用焊接结构，下风道焊接在车体台架上。

牵引电机通风系统冷却空气流向示意如图 4 所示。牵引通风支路的冷却空气走向如下：车外空气→侧墙过滤器→过渡风道→牵引通风机→出风风道→软风道→牵引电机→车底大气。

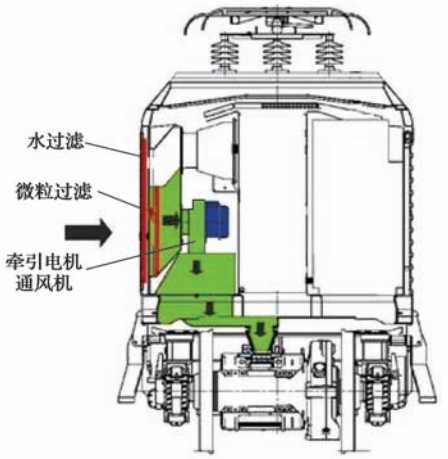

图 4　牵引电机通风系统冷却空气流向示意图

4.2　顶盖夹层独立通风方式

同车公司研制的“轴重 18 t，200 km/h 八轴客运电力机车”采用了顶盖夹层独立通风方式，牵引电机通风系统冷风流向示意如图 5 所示。这是同车公司交流传动电力机车技术引进以来研制的电力机车中，首次采用了顶盖小斜面进风、进风风道采用顶盖夹层风道的独立通风方式。与 HXD2 系列平台侧墙进风的通风方式不同，该种通风方式有利于客运电力机车车体侧墙采用薄板加工的工艺性，更有利于客运机车工业设计的美观性。通风机首次采用了轴向离心式通风机，相比离心通风机体积更小、重量更轻；风机、风机电机、过渡风道均采用了铝合金材料，与以往钢制材料相比可减轻重量 40%。

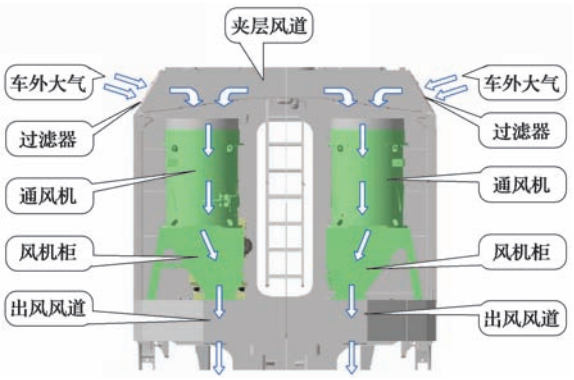

图 5　牵引电机通风系统冷却空气流向示意图

牵引通风支路的冷却空气走向如下：车外空气→顶侧过滤器→夹层风道→牵引通风机→牵引风机柜→出风风道→软风道→牵引电机→车底大气。

5　结语

机车采用先进的牵引通风系统，有利于机车牵引电机的清洁，降低其温升，确保机车的正常运行。

同车公司通过近几年电力机车牵引通风系统的研制、1:1 试验验证、实践运营，搭建起牵引通风系统的 2 个技术平台，即车体侧墙独立通风方式和顶盖夹层独立通风方式技术平台。基于这 2 个平台，可系统地开展研究和开发各种新型的牵引通风设备，模拟机车运行状态，实现联调试验，形成产、学、研一条龙的模式。在试验和研究中，可形成一系列的相关技术标准，填补了我国在该领域的空白。

参考文献：

[1] 孙一坚 . 工业通风 [M]. 北京：中国建筑工业出版社，1994.
[2] 屠大燕 . 流体力学与流体机械 [M]. 北京：中国建筑工业出版社，2000.
[3] 李春阳 . 电力机车通风方式探讨 [J]. 机车电传动，2006（3）：10–14.

作者简介：武学良（1979–），男，高级工程师，从事电力机车总体研究及设计开发工作。

动态消息

大连电牵公司配套的全球功率最大窄轨内燃机车登陆南非

当地时间 8 月 11 日，由中车大连机车车辆有限公司制造、装载大连电牵公司组织研发的牵引与控制系统的首批 2 台 D45 型内燃机车经过 2 个多月的海上航行，抵达南非东海岸城市德班，中南双方举行了隆重的机车剪彩仪式，这是全球最大功率窄轨内燃机车首次登陆非洲大陆。

D45 型内燃机车作为目前全球功率最大的窄轨内燃机车，整车由中车大连公司制造，大连电牵公司为其定制了拥有自主知识产权的“心脏”和“大脑”——牵引与控制系统。在系统研发阶段，大连电牵公司遵循新型机车节能、高效、环保的设计理念，运用了变频调速、矢量控制、智能网络控制、车地无线通信等多种先进成熟技术，同步实现了整车系统能量的均衡管理、运行状态的动态监控、故障检测的智能引导等新型功能。

首批抵达南非的 D45 型内燃机车将前往位于南非政治首都比勒陀利亚市的 TE 机务段，完成型式试验和线路运行考核测试。（朱一迪）